

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**  
**“HERRAMIENTAS DE**  
**CONTROL DE GESTION DE OBRA, APLICADA EN LA**  
**EJECUCION DEL PROYECTO HOTEL HOLIDAY INN-PIURA”**

**Presentada por:**

Jenifer Denisse León Castro

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO CIVIL**

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**  
**INGENIERIA CIVIL, ARQUITECTURA Y URBANISMO.**

**SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
**CONSTRUCCIÓN**

**Piura, Perú**

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
DECANATO

## ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador, que suscriben, reunidos para estudiar el Trabajo de Tesis, presentado por el ex alumna de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional Piura.

**BACH. LEÓN CASTRO JENIFER DENISSE**

### TESIS TITULADA

**"HERRAMIENTAS DE CONTROL DE GESTION DE OBRA APLICADA EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO HOTEL HOLIDAY INN-PIURA"**

Oídas las observaciones y las respuestas a las preguntas, lo declaran

Aprobada con el calificativo de Sobresaliente

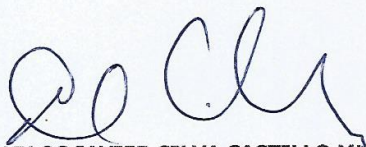
En consecuencia, queda en condiciones de ser calificado:


Apto

Por el Consejo de Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **título de INGENIERO CIVIL**, de conformidad con lo estipulado en el Art. 176 del Estatuto General de la Universidad Nacional de Piura.

PIURA, 09 DE DICIEMBRE DE 2019

  
**DR. EDWIN OMAR VENCES MARTINEZ**  
Presidente

  
**ING. CARLOS JAVIER SILVA CASTILLO Mtro.**  
Secretario

  
**ING. JUAN MANUEL PEREZ BORRERO Mtro.**  
Vocal

## **DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS**

Yo: Jenifer Denisse León Castro identificada con DNI N°70509710, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y domiciliada en Urbanización López Albujar 2da etapa Mz C lote 4 del Distrito de Sullana, provincia de Sullana, departamento de Piura.

Celular: 943483660

Email:jenile\_93@hotmail.com

**DECLARO BAJO JURAMENTO:** que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y/o realizada en el Perú o en el Extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

En fe de lo cual firmo la presente.

**Piura, Diciembre del 2019**

---

**DNI N° 70509710**

**Artículo 411.-** El que, en un procedimiento administrativo, hace una falsa declaración en relación con hechos o circunstancias que le corresponde probar, violando la presunción de veracidad establecida por ley, será reprimido con pena privativa de libertad no menor de uno ni mayor de cuatro años.

**Art. 4. Inciso 4.12 del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales –RENATI Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU/CD**

## **DEDICATORIA**

### **A Dios,**

Con él toda mi gratitud por el regalo que es la vida y poder disfrutarla con las personas que amo, por guiar mis pasos y propósitos en este caminar.

### **A Antonio,**

Por ser el soporte de la familia y mi ejemplo de superación para salir adelante ante las adversidades de la vida.

### **A Lucia,**

Por ser más que mi madre, una amiga dispuesta a escuchar y dar palabras de aliento que me ayudaron a crecer como persona y luchar por lo que quiero.

### **A mis hermanos,**

Por su apoyo, cariño y por todos los momentos vividos. Este logro también es de ustedes.

A todos ustedes, por ser mi familia y los principales benefactores para la realización de mi tesis

## **AGRADECIMIENTOS**

Al equipo de trabajo HV Contratistas por su incondicional apoyo y poder compartir sus conocimientos en las diferentes áreas, en especial a Paul Naiza por creer en mí y permitirme crecer profesionalmente, ya que ha sido apoyo fundamental para el desarrollo de mi tesis.

A mi asesor Ing. Luis Alberto Benites Avalos por su apoyo brindado en el desarrollo de la presente tesis y por ser parte de mi crecimiento profesional.

A mis amigos y familiares quienes han sido fuente de motivación para mi constante superación.

## INDICE GENERAL

INTRODUCCION .....	1
I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA .....	2
1.1 Descripción de la realidad problemática .....	2
1.2 Justificación e importancia de la investigación .....	3
1.3 Objetivos.....	3
1.4 Delimitación de la investigación .....	3
II. MARCO TEORICO .....	4
2.1 Antecedentes de la investigación.....	4
2.1.1 Antecedentes Internacionales .....	4
2.1.2 Antecedentes Nacionales .....	4
2.2 Bases teóricas .....	6
2.2.1 Historia de Lean Construction.....	6
2.2.2 El sistema de producción Toyota (TPS).....	6
2.2.3 Origen y difusión del sistema Lean .....	7
2.2.4 Inicios del sistema Lean .....	7
2.2.5 Enfoque tradicional .....	9
2.2.6 Enfoque según Lean Construction.....	9
2.2.7 Definición de Lean Construction.....	10
2.2.8 Metodología de lean construction.....	11
2.2.9 Herramientas lean .....	14
2.2.9.1 Look ahead .....	16
2.2.9.2 Programación semanal .....	16
2.2.9.3 Programación diaria (pizarras) .....	16
2.2.9.4 Informe semanal de producción (ISP).....	16
2.2.9.5 Nivel general de actividades (N.G.A.) .....	17
2.2.9.6 Carta balance .....	18
2.2.10 Construcción en cadena.....	19
2.2.10.1 Leyes principales de la cadena de construcción .....	21
2.2.10.2 Ciclograma .....	22
2.2.11 Método del valor ganado/ Earned value management (EVM) .....	22
2.3 Glosario de términos básicos.....	23
2.4 Marco referencial .....	25
2.4.1 HV Contratistas S.A.....	25
2.4.2 Descripción del proyecto.....	26
2.4.3 Plan maestro Hotel Holiday Inn .....	30

2.5	Hipótesis .....	34
2.5.1	Hipótesis general .....	34
2.5.2	Hipótesis específicas .....	34
III.	MARCO METODOLOGICO .....	35
3.1	Enfoque y diseño .....	35
3.2	Sujetos de la investigación .....	35
3.3	Métodos y procedimientos .....	35
3.3.1	Procedimiento para elaborar una carta balance .....	36
3.3.2	Procedimiento para elaborar el nivel general de actividades:.....	41
3.3.3	Procedimiento para elaborar informe semanal de producción (ISP) .....	49
3.3.4	Procedimiento para elaborar el método de valor ganado .....	52
3.3.5	Procedimiento para elaborar un ciclograma .....	67
3.3.6	Método para elaboración de lookahead planning .....	72
3.3.7	Procedimiento para programación diaria (pizarras) .....	78
3.4	Técnicas e instrumentos .....	81
3.5	Aspectos éticos .....	81
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	82
4.1	Resultados.....	82
4.1.1	El método del valor ganado mide desempeño y estado del proyecto.....	82
4.1.2	El ciclograma y last planner system controlan cronograma y cumplimiento de actividades programadas .....	84
4.1.2.1	Ciclograma .....	84
4.1.2.2	Last planner system.....	84
4.1.3	El ISP (informe semanal de productividad) compara nivel de productividad de partidas específicas de acuerdo a rendimiento de presupuesto .....	85
4.1.4	Las cartas balance y nivel general de actividades optimizan los recursos, procesos constructivos y además cuantifican la ocupación del tiempo y porcentaje de productividad a nivel general de obra y por cuadrillas específicas.....	86
4.2	Discusión .....	94
	CONCLUSIONES .....	95
	RECOMENDACIONES .....	96
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	97
	ANEXOS.....	98
	ANEXO 1 .....	98
	ANEXO 2 .....	100
	ANEXO 3.....	101
	ANEXO 4.....	103
	ANEXO 5.....	104

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 : Diferencias entre una planta de montaje General motors y una de Toyota.....	7
Tabla 2.2 : Clasificación detallada de las actividades .....	18
Tabla 2.3 : El EVM y preguntas básicas en dirección de proyectos .....	22
Tabla 2.4 : Cuadro de áreas.....	28
Tabla 2.5 : Dotación sanitarios.....	29
Tabla 2.6 : Dotación Servicios públicos.....	29
Tabla 3.1 : Clasificación del nivel de productividad.....	41
Tabla 3.2 : Clasificación de actividades.....	41
Tabla 3.3 : Clasificación detallada de las actividades .....	42
Tabla 3.4 : Tabla de mediciones en nivel general de obra .....	43
Tabla 3.5 : Tabla de mediciones muestra 1 .....	44
Tabla 3.6 : Tabla de mediciones muestra 2.....	45
Tabla 3.7 : Tabla de mediciones muestra 3.....	46
Tabla 3.8 : Resumen de las mediciones .....	47
Tabla 3.9 : Avance de instalación drywall .....	50
Tabla 3.10 : ISP para instalación de drywall.....	51
Tabla 3.11 : Materiales para partida de tarrajeo.....	53
Tabla 3.12 : recursos utilizados semanalmente .....	54
Tabla 3.13 : Cantidad y precio de recursos .....	54
Tabla 3.14 : Recursos acumulados semanalmente .....	55
Tabla 3.15 : Costo de recursos semanales.....	56
Tabla 3.16 : Costo de recursos acumulados semanalmente .....	56
Tabla 3.17 : Programación para avance semanal .....	57
Tabla 3.18 : Análisis de precios unitarios contractual.....	58
Tabla 3.19 : Índice contractual de mano de obra en partida de tarrajeo.....	58
Tabla 3.20 : Análisis de precios pañeteo exterior .....	59
Tabla 3.21 : Índice de la mano de obra (pañeteo) en semana 1.....	59
Tabla 3.22 : Análisis de precios tarrajeo exterior.....	60
Tabla 3.23 : Índice de la mano de obra en tarrajeo semana 1 .....	60
Tabla 3.24 : Costo real semanal de avance ejecutado en campo.....	61
Tabla 3.25 : Recursos consumidos y montos parciales .....	62
Tabla 3.26 : Monto presupuestado y real ejecutado.....	63
Tabla 3.27 : CPI proyectado y semanal.....	65
Tabla 3.28 : Columnas y placas-sector 01.....	68
Tabla 3.29 : Recursos para placas y columnas-sector 01 .....	68
Tabla 3.30 : Losas –sector 01 .....	69
Tabla 3.31 : Recursos para losas-sector 01 .....	69
Tabla 3.32 : Vigas-Sector 01.....	69
Tabla 3.33 : Recursos para vigas-sector 01.....	69
Tabla 3.34 : Análisis de restricciones.....	73
Tabla 3.35 : causas de incumplimiento .....	74
Tabla 3.36 : lookahead planning 3 week.....	75
Tabla 3.37 : Evaluación semanal de lookahead planning .....	76
Tabla 3.38 : Porcentaje de actividades cumplidas.....	76
Tabla 3.39 : Formato de actividades planificadas .....	80
Tabla 3.40 : Técnicas e instrumentos .....	81
Tabla 3.41 : Instrumentos de recolección.....	81
Tabla 4.1 : Calculo de recursos .....	85
Tabla 4.2 : Resumen de mediciones.....	90



## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1 Historia del Lean construction Institute .....	6
Ilustración 2.2: Tres de los libros que más han contribuido a la difusión y conocimiento de la filosofía Lean y el TPS.....	8
Ilustración 2.3: Sistema tradicional vs enfoque lean.....	9
Ilustración 2.4:7 Tipos de desperdicios.....	12
Ilustración 2.5:7 Flujos, recursos o restricciones .....	13
Ilustración 2.6: Situación general de los proyectos de construcción.....	14
Ilustración 2.7: Situación de proyectos con mejor planeación.....	15
Ilustración 2.8: Situación del proyecto con la aplicación last planner .....	15
Ilustración 2.9: Esquema de los planes necesarios en el proyecto .....	16
Ilustración 2.10:Grafico general de la ocupación del tiempo en carta balance .....	19
Ilustración 2.11:Características comparadas de los métodos de ejecución/ Método Sucesivo .....	20
Ilustración 2.12:Características comparadas de los métodos de ejecución/método paralelo .....	20
Ilustración 2.13:Características comparadas de los métodos de ejecución/ método en cadena .....	21
Ilustración 2.14:Ciclograma .....	22
Ilustración 2.15: Logo de HV Contratistas.....	25
Ilustración 2.16:Sectorización para trabajos de excavación.....	31
Ilustración 2.17:Sectorización para trabajos generales en sótano .....	31
Ilustración 2.18: Planificación maestra para trabajos de excavación y generales en sótano.....	32
Ilustración 2.19: Primeras 4 semanas correspondientes a la planificación maestra .....	32
Ilustración 2.20: Sectorización /cumplimiento de hito N°02 .....	33
Ilustración 2.21: Planificación maestra cumplimiento del hito N°02 .....	33
Ilustración 2.22: Primeras 3 semanas correspondientes a la programación para cumplimiento del hito N°02 .....	34
Ilustración 3.1: Mapeo nivel 03 para estructuras metálicas y refuerzos de madera .....	49
Ilustración 3.2: Mapeo en nivel 4 para colocación de drywall a 1 y 2 caras.....	50
Ilustración 3.3: Sectorización en nivel 01 .....	67
Ilustración 3.4 :Sectorización para niveles típicos .....	67
Ilustración 3.5 :Tren de actividades para losas.....	70
Ilustración 3.6 :Sectorización para encofrado en todos los niveles.....	71
Ilustración 3.7 :Ciclograma hito N°02 .....	71
Ilustración 3.8: Sectorización área de sótano .....	74
Ilustración 3.9: Causas de incumplimiento .....	77

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1: Mediciones en carta balance.....	37
Cuadro 3.2: Clasificación del tiempo en carta balance .....	37

## **INDICE DE GRAFICOS**

Gráfico 3.1: Incidencias y porcentajes de trabajo en carta balance.....	38
Gráfico 3.2: Grafico general de la ocupación del tiempo en carta balance .....	39
Gráfico 3.3: Productividad detallada por trabajador .....	39
Gráfico 3.4: Productividad detallada por trabajador (continuación) .....	40
Gráfico 3.5: Resumen de mediciones.....	47
Gráfico 3.6: Resumen nivel general de obra .....	48
Gráfico 3.7: Informe semanal de productividad.....	51
Gráfico 3.8: Montos presupuestados y real ejecutado.....	64
Gráfico 3.9: CPI proyectado y semanal .....	65
Gráfico 3.10:Porcentaje de actividades cumplidas.....	77
Gráfico 4.1: Resumen CPI para tarrajeo exterior .....	83
Gráfico 4.2: Recursos presupuestados y ejecutado real EVM semana 5 .....	83
Gráfico 4.3: Diagrama de flujo LPS.....	84
Gráfico 4.4: Informe semanal de productividad (Drywall).....	85
Gráfico 4.5: Resumen nivel general de actividades .....	91
Gráfico 4.6: Grafico general de productividad.....	92
Gráfico 4.7: Productividad de cada trabajador .....	93
Gráfico 4.8: Productividad de cada trabajador (continuación).....	93

## **INDICE DE IMAGENES**

Imagen 3.1: Reunión para programación diaria .....	78
Imagen 3.2 :Designación de trabajos en programación diaria .....	78
Imagen 3.3: Programación diaria .....	79
Imagen 4.1: Resumen de mediciones muestra 1 .....	87
Imagen 4.2: Resumen de mediciones muestra 2 .....	88
Imagen 4.3: Resumen de mediciones muestra 3 .....	89

## **RESUMEN**

En la actualidad la empresa HV Contratistas tiene el desafío de estar a la vanguardia de la ingeniería y la construcción ya que sin duda, es uno de los sectores productivos que más aporta al crecimiento de la economía del país siendo de suma importancia para el desarrollo económico, no sólo por la gran cantidad de empresas constructoras que involucra en forma directa, si no también, por su efecto dinamizador en una alta gama de insumos que demanda y en la ocupación de mano de obra, por lo que es clave para la definición de políticas que permitan asegurar niveles de empleo óptimos.

Conscientes de esta realidad decidimos realizar el presente estudio; controlando productividad, costo y tiempo en la edificación “HOTEL HOLIDAY INN” ejecutada en la ciudad de Piura, mediante el uso de herramientas de Control de gestión durante la construcción del proyecto, ya que durante su ejecución existen “pérdidas” generadas durante los procesos constructivos, éstas pérdidas generan un costo más elevado del previsto y no agrega valor a lo proyectado.

La finalidad del presente estudio es aplicar herramientas de control eficaces para la gestión del costo y tiempo en las diferentes partidas a ejecutar, Cuantificando principalmente su porcentaje de ocupación del tiempo a nivel general de obra y por cuadrillas específicas, a la vez se determinaría y/o compararía así su nivel de productividad de acuerdo a rendimiento de presupuesto y así poder estandarizar las herramientas de control de obra para tener ratios de rendimiento definidos para lograr beneficios económicos significativos y crecimiento sostenible de la empresa.

Se ha logrado controlar el costo y tiempo de la partida de tarrajeo exterior en fachada mediante método de valor ganado, así como el control de rendimientos de algunas partidas respecto a los rendimientos del presupuesto.

Asimismo un control del tiempo y cumplimiento de las actividades programadas para la ejecución del Proyecto.

Palabras claves: Productividad, rendimiento, costo, programación.

## **ABSTRACT**

Currently the company HV Contratistas has the challenge of being at the forefront of engineering and construction for the development of the country, since without a doubt, it is one of the productive sectors that contributes most to the growth of the country's economy being of It is extremely important for economic development, not only because of the large number of construction companies that it directly involves, but also because of its stimulating effect on a high range of inputs that it demands and in the occupation of labor, which is why it is key for the definition of policies that allow to assure optimal levels of employment.

Conscious of this reality, we decided to carry out the present study; controlling productivity, cost and time in the "HOTEL HOLIDAY INN" building executed in the city of Piura, through the use of Management Control tools during the construction of the project, since during its execution there are "losses" generated during the construction processes, These losses generate a higher cost than expected and do not add value to the projected

The purpose of this study is to apply effective control tools for the management of cost and time in the different items to be executed, mainly quantifying their percentage of occupation of time at the general level of work and by specific gangs, at the same time it would be determined and / Or compare its level of productivity according to budget performance and thus be able to standardize the work control tools to have defined performance ratios to achieve significant economic benefits and sustainable growth of the company.

It has been possible to control the cost and time of a civil item by means of the earned value management, as well as the control of the yields of some items with respect to the budget returns

Also, a control of the time and compliance with the programmed activities for the execution of the Project.

Keywords: Productivity, performance, cost, programming.

## **INTRODUCCION**

La industria de la construcción se ha considerado de forma histórica como una industria poco eficiente. En muchas ocasiones se asocia la construcción a altos costos, baja productividad, poca calidad en los productos acabados y unos márgenes de beneficio bajos. Además, es prácticamente la única industria donde casi siempre los costos reales que se tienen al ejecutar el proyecto son superiores a los costos planificados.

Al problema de la eficiencia se le añade el “conservadurismo” que rodea a la construcción, ya que son muy pocas las nuevas técnicas que consiguen introducirse en el día a día de la industria.

Muchos autores consideran que la industrialización de la construcción podría solventar la mayoría de estos problemas, pero muy pocos son los que han conseguido introducir cambios efectivos en la construcción.

Actualmente, muchas empresas en el Perú buscan operar con más efectividad en un mercado creciente y competitivo. Las empresas para lograr mayor rentabilidad o utilidad económica, dirigen sus esfuerzos a la reducción de costos cuidando de todos sus recursos (recursos humanos, materiales, económicos, equipos y/o herramientas y tiempo).

En los últimos años ha habido una mayor difusión de los nuevos sistemas de gestión, adicionalmente se ha podido percibir cambios considerables en la forma de gestionar las obras. Conscientes de esta realidad decidimos realizar el presente estudio; controlando productividad, costo y tiempo en la edificación “HOTEL HOLIDAY INN” ejecutada en la ciudad de Piura, en el cual, algunas de las herramientas utilizadas se centra en la aplicación de la filosofía “lean construction” partiendo principalmente del last planner como método de planificación, ejecución y control, así como una herramienta para el control del tiempo y costo basada en el PMI (Project management Institute) y otras adicionalmente para el control del tiempo.

## **I. ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA**

### **1.1 Descripción de la realidad problemática**

En Perú el sector Construcción mostró una tendencia sostenida de crecimiento al alcanzar un promedio de 9,9% en mayo del 2018, en comparación al mismo mes del año anterior, lo cual permitió acumular un crecimiento histórico de 7,2%, el mejor en los últimos 50 meses, según cifras (INEI, 2018)

No se trata solo a la construcción como una oportunidad, sino como una necesidad de innovar, avanzar y pisar el acelerador, para contribuir con el crecimiento, desarrollo e integración de los pueblos, y que siga siendo uno de los principales pilares de la economía” (Ferraro, 2017)

Debido al crecimiento del sector construcción, lo cual es muy notable, ya que se ve reflejado en la cantidad de proyectos que se vienen ejecutando, la empresa HV Contratistas busca lograr mayor rentabilidad, reduciendo costos a través del perfeccionamiento de la productividad de todos sus recursos, como toda empresa de cualquier tipo y tamaño, puede contar gracias a los avances tecnológicos y a la disponibilidad de herramientas con un buen sistema de gestión que la acompañe en su crecimiento.

Muchas veces no existe un control del desempeño obtenido, es por eso que, durante su ejecución se ha notado que existen “pérdidas” generadas durante los procesos constructivos, éstas pérdidas generan un costo más elevado del previsto y no agrega valor a lo proyectado.

Esta situación trae consigo resultados económicos negativos para la empresa, puesto que no se aprovechan correctamente los recursos, se produce despilfarro de horas-hombre (hh), se genera sobretiempo los días feriados, desperdicios de materiales y horas extras de manera ineficiente. De continuar así, la productividad se verá reducida y los costos de producción elevados, lo que pondría en riesgo el resultado operativo de la empresa.

Por tal motivo la presente investigación aprovecha los conocimientos del estudio de trabajo, el cual contiene herramientas de gestión empleadas para resolver los problemas mencionados. Dentro de éstas se encuentra el nivel general de actividades y cartas balance, los cuales se usaron para aumentar la productividad de la obra en sí, a nivel macro y detallado, respectivamente, identificando las actividades que causan retrasos, pudiendo así mitigarlos mediante toma de decisiones y método de trabajo.

Asimismo es necesaria una planificación y control del plazo de las actividades a realizar, lo cual partimos del uso de la metodología last planner system basada en la filosofía lean construction. Y por último y no menos importante el uso de la herramienta “valor ganado”, de una partida específica, que en este caso es el tarrajeo exterior de la fachada de la edificación, con esta herramienta se ha podido controlar el costo y plazo de acuerdo al cronograma y coste real planificado en el presupuesto.

Para todas estas herramientas se han detallado porcentajes de producción obtenidos, alcance en tiempo (según herramienta) y ratios de productividad de las diferentes partidas, para tener en cuenta en la ejecución de cualquier proyecto y llevar un mejor control de gestión de obra.

## **1.2 Justificación e importancia de la investigación**

Mediante este estudio se identificaron las actividades que causan retrasos y pérdidas, se ha contribuido con los resultados reales de las mediciones mediante nivel general y cartas balance, herramientas fundamentales para resolver esta situación balanceando equitativamente las cuadrillas o equipos de trabajo en las diferentes cuadrillas, y factores observados en la obra que afectaban el desempeño-rendimiento, costo y el ritmo de trabajo.

Por medio de las demás herramientas se tuvo un control de nuestro plan de trabajo o las actividades que se debían de realizar diaria o semanalmente, disminuyendo al máximo las distintas restricciones que se pudieron presentar para lograr el cumplimiento de las actividades programadas, controlando siempre el costo presupuestado de las diferentes partidas.

El presente estudio es de suma importancia ya que las herramientas que hemos utilizado nos sirvieron para optimizar nuestros procesos dentro de la empresa, (la cual no tiene estandarizado estos Controles para la Productividad) buscando mejores rendimientos y optimización de los recursos, y lo más importante, buscando ganancias económicas y satisfacción del cliente en el producto final, eso sí, trabajando en equipo en búsqueda de cumplir los mismos objetivos pactados por la organización.

## **1.3 Objetivos**

### **Objetivo General**

Implementar herramientas para el control de gestión de obra aplicada en la ejecución del proyecto HOTEL HOLIDAY INN en la ciudad de Piura para controlar productividad, costo y tiempo.

### **Objetivos Específicos**

- Medir desempeño y estado del proyecto.
- Controlar cronograma y cumplimiento de actividades programadas.
- Comparar nivel de productividad de partidas específicas de acuerdo a rendimiento de presupuesto.
- Optimizar recursos, procesos constructivos y cuantificar la ocupación del tiempo y porcentaje de productividad a nivel general de obra y por cuadrillas específicas

## **1.4 Delimitación de la investigación**

La presente investigación ha abarcado la aplicación de algunas herramientas de control de gestión de obras, algunas de ellas parten de la filosofía lean construction para medir el nivel de productividad como son: Cartas balance, Nivel general de actividades, Informe semanal de productividad (ISP).

Otras nos ayudaron en el control del plazo como lo son: Ciclograma, lookahead planning y de la metodología last planner system (programación diaria y semanal)

Por último una herramienta del management Project institute, Earned value management (EVM) o en español el método del valor ganado, utilizada para medir costo y tiempo.

Todas estas herramientas han sido aplicadas en la ejecución del Hotel Holiday Inn ubicado en Av. Grau con prolongación Gullman en la ciudad de Piura en un lapso de 6 meses, estas nos ayudaron a identificar los principales problemas como son retraso en la ejecución y/o pérdidas, para darle solución mediante toma de decisiones y métodos de trabajo, para lo cual se ha tomado como estudio las partidas de tarrajeo en fachada, colocación de drywall y partidas a nivel general

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

(Ballard, 1990) El desarrollo del LPS comenzó en la década de 1980 pero, su desarrollo formal se produjo en la década de 1990 tras el trabajo de consultoría de Glenn Ballard y Gregory Howell en el sector de la construcción industrial. Durante este período, el LPS demostró su dinamismo al combinar constantemente la práctica con la teoría a través de la investigación.

Glenn Ballard, en su tesis doctoral “The Last Planner System of Production Control” apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con eso mejorar los desempeños, basado en los siguientes principios:

- Las actividades no deben comenzar antes de que todos los requerimientos, para la realización de las mismas, estén satisfechos.
- Se debe medir y monitorizar la realización de las actividades.
- Las causas por las que una actividad no se puede realizar deben ser identificadas y eliminadas.
- Se debe evitar la pérdida de productividad, reasignando actividades cuando las inicialmente no se pueden ejecutar.
- Debe realizarse una programación a corto plazo, considerando aquellas actividades cuyas restricciones para ser ejecutadas hayan sido eliminadas.

El LPS ha demostrado su potencial para mejorar el costo, el cronograma de ejecución, la productividad y la seguridad de los proyectos de construcción. Muchos investigadores de todo el mundo están realizando una investigación activa sobre el LPS y los nuevos hallazgos se integran continuamente en el LPS.

(Koskela, 1992) Durante su estancia en la Universidad de Stanford, California, USA, en 1992, el finlandés Lauri Koskela escribió el documento *Aplicación de la nueva filosofía de la producción a la construcción* aplicó los principios del sistema Toyota, como “Justo a Tiempo”, “Mejora Continua” (Kaisen), “Control Total de la Calidad” o “Mapa del flujo del valor”.

El objetivo de Koskela fue identificar las bases de una nueva filosofía para el ahorro de costos en la construcción, a partir de una mejora en la planificación, el flujo del trabajo y la reducción de pérdidas en el proceso productivo. El concepto de Koskela generó una revolución en el sector, donde se producían pérdidas enormes a lo largo del proceso de edificación. El término Lean Construction fue acuñado por los fundadores del Grupo Internacional de Lean Construction (IGLC) en 1993

#### 2.1.2 Antecedentes Nacionales

(Buleje Revilla, 2012) Realizó un estudio de la productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construction, desarrollada para obtener el título profesional de Ingeniero civil en la Pontificia universidad católica del Perú. Además de las herramientas que propone el IGLC (International group of Lean



construction) se tomará mediciones de rendimientos reales de todas las actividades de la obra, éstas mediciones se tomarán diarias y acumuladas semanalmente en un formato llamado I.S.P (Informe semanal de producción). Con los rendimientos del ISP se hace una gráfica que muestra cómo se va mejorando los rendimientos día a día (curva de productividad) y a la vez se demuestra la especialización del personal obrero en un estudio de producción realizado a una empresa X, mediante cartas balance se propone soluciones claras y directas para el aumento de la productividad y disminución de desperdicios de dicha obra como son: un buen dimensionamiento de cuadrillas de acuerdo a los porcentajes de trabajo productivo obtenidos.

El aporte de ésta investigación se da en la aplicación de herramientas como son el ISP y cartas balance lo cual nos ayuda a identificar los niveles de productividad de nuestro personal en la ejecución de las distintas partidas y consiguientemente una mejora continua de acuerdo a los resultados.

(Mengo Flores, Naiza Ramirez, & Rivera Diaz, 2018), realizaron un análisis de la productividad de los procesos constructivos aplicando filosofía lean construction para obras civiles de gran minería, desarrollada para optar el grado académico de Maestro en dirección de la Construcción en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC). En donde se hace uso de herramientas Lean, como son el nivel general de actividades y su importancia para toma de decisiones oportunas y poder reducir tiempos que no contribuyen, uso de Poka-Yoke herramienta pensada para prevenir errores humanos, o por lo menos para evitar que los errores humanos terminen convertidos en defectos y/o afectando al proceso o a la calidad del producto.

Por eso, dentro de la filosofía Lean en la que uno de sus pilares fundamentales es el no enviar errores o defectos a procesos posteriores, podemos considerar los Poka-yoke, como una herramienta de calidad. Siendo su propósito aumentar la calidad de los productos elaborados, e incrementar por tanto el nivel de eficiencia y productividad de los procesos.

El aporte de esta investigación nos lleva a revalorar la herramienta de nivel general de actividades para la toma de decisiones y mejora continua de nuestro personal, ya que nos indica los valores de trabajo positivo que influye directamente en nuestra productividad y lo negativo en qué medida nos está afectando (reducción de tiempos contributivos). Además se demuestra el cumplimiento de obra mediante la gestión con herramientas lean y toma de decisiones oportunas.

(Mallma Rosas, 2011), realizó un planeamiento, programación y control aplicado a los procesos constructivos de la estructura de 16 edificios multifamiliares, desarrollada para optar el título de ingeniero civil la cual se basa en la teoría de la cadencia de la producción como método de planificación y programación de obra en el cual se concluyó y demostró el término de la obra en el tiempo de ejecución pactado y con un porcentaje de disminución del presupuesto interno.

El aporte de este estudio se da en el uso de ciclogramas para el cumplimiento de las diferentes partidas en el tiempo establecido, la importancia del ciclograma como método de planificación y programación de obra, optimizando el consumo de recursos pactados.

## 2.2 Bases teóricas

### 2.2.1 Historia de Lean Construction



**Ilustración 2.1 Historia del Lean construction Institute**

Fuente: Ab escuela de la construcción (Lean construction Institute, 2018)

Sakichi Toyoda, fundador del grupo empresarial Toyota, inventó el concepto de Jidoka (automatización con un toque humano) que es el proceso con su propio autocontrol de calidad. comienzos del siglo XX mediante la incorporación de un dispositivo en su telar automático que paraba el funcionamiento del telar cada vez que un hilo se rompía. Esto permitió grandes mejoras a la hora de garantizar la calidad y permitió liberar a los trabajadores para que pudieran dedicar más tiempo a tareas que realmente añadían valor, en lugar de simplemente estar controlando las máquinas y la calidad. Eventualmente, este simple concepto encontró su camino en cada máquina, cada línea de producción y cada operación de Toyota. Este concepto japonés significa proveer a las máquinas y a los trabajadores la habilidad de detectar cuándo ocurre una condición fuera de lo normal e inmediatamente parar el trabajo para identificar la causa raíz.

### 2.2.2 El sistema de producción Toyota (TPS)

El Lean Lexicon define el TPS como el sistema de producción desarrollado por la Toyota Motors Company para proporcionar mejor calidad, a un menor coste y con plazos de entrega más cortos mediante la eliminación de desperdicio (improductividad o actividades que no añaden valor). El TPS está compuesto por dos pilares: el Just-in-Time (JIT) y el Jidoka; y se sustenta y perfecciona a través de iteraciones de trabajo estandarizado y Kaizen o mejora continua, seguido de un plan de acción a través de un: Plan, Do, Check, Act (PDCA).

- **El Just-in-Time (JIT)**

Es un sistema de producción que fabrica y entrega justo lo que se necesita, cuándo se necesita y en la cantidad que se necesita. Kiichiro Toyoda, hijo de Sakichi Toyoda, desarrolló este concepto en la década de los 30. Fue él quien decretó que las operaciones de Toyota no deberían tener exceso de inventario y que Toyota debería esforzarse en trabajar en colaboración con los proveedores

para nivelar la producción. Bajo el liderazgo del ingeniero Taiichi Ohno, el JIT se desarrolló dentro de un único sistema de flujo de información y materiales para controlar la sobreproducción.

- **PDCA**

Son las siglas de Plan-Do-Check-Act – también conocido como Ciclo de Deming una vez que W. Edwards Deming introdujera el concepto en Japón en la década de los años 50. Es un ciclo de mejora continua basado en el método científico de proponer un cambio de mejora en un proceso, implementar el cambio, medir y controlar los resultados, y llevar a cabo las acciones correctoras.

### 2.2.3 Origen y difusión del sistema Lean

La crisis del petróleo en otoño de 1973, a la que siguió una importante recesión, afectó a gobiernos, negocios y en general a la sociedad de todo el mundo. En 1974 la economía japonesa llegó a colapsarse hasta un estado de crecimiento cero. Sin embargo, en Toyota, aunque se redujeron sus beneficios, se consiguió mantener unos ingresos –durante los años 1975, 1976 y 1977– superiores a los de otras empresas. El amplio margen diferencial entre ella y las demás empresas hizo que la gente se preguntara qué ocurría en Toyota (Ohno,1988).

Una década más tarde, en 1985, se originó en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) el Programa Internacional de Vehículos a Motor (PIVM) con el fin de comprender las fuerzas fundamentales del cambio industrial y mejorar el proceso de decisión política relativo al cambio. Los resultados de dicho estudio, revelaron que las empresas japonesas habían desarrollado un sistema productivo propio superior, capaz de fabricar con mayor calidad, a un menor costo y con plazos de entrega más cortos, tanto a nivel de diseño como a nivel de fabricación.

**Tabla 2.1: Diferencias entre una planta de montaje General motors y una de Toyota**

<b>Planta de montaje de Framingham de General Motors versus Planta de montaje de Takaoka de Toyota , 1986 Framingham Takaoka</b>		
	<b>Framingham</b>	<b>Takaoka</b>
Horas de montaje bruto por coche	40,7	18,0
Horas de montaje ajustado por coche	31	16
Defectos de montaje cada 100 coches	130	45
Espacio de montaje por coche	8,1	4,8
Existencia de inventario (promedio)	2 semanas	2 horas

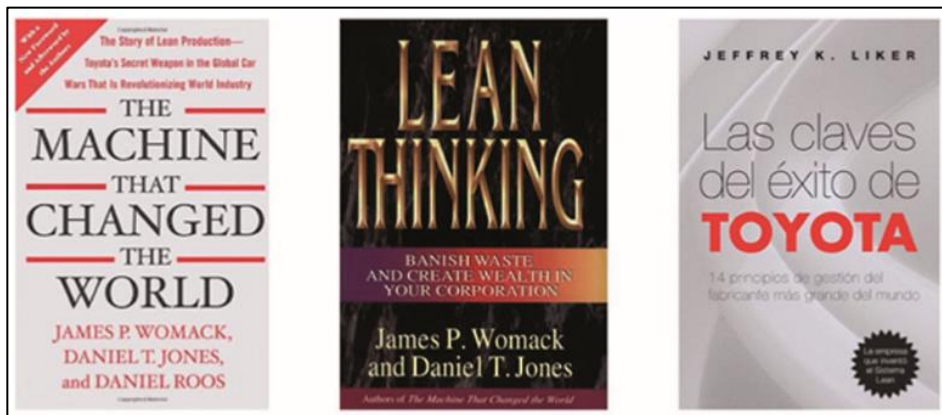
Fuente: La máquina que cambió al mundo (Womarck, Jones, & Roos, 1991)

### 2.2.4 Inicios del sistema Lean

Lean production o producción ajustada como un sistema de negocio, fue desarrollado inicialmente por Toyota después de la Segunda Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción en masa.

El uso del término Lean obedece al hecho de que este sistema utiliza menos de todo comparado con la producción en masa: la mitad de esfuerzo humano en la fábrica, la mitad de espacio en la fabricación, la mitad de inversión en herramientas, la mitad de horas de ingeniería para desarrollar un nuevo producto en la mitad de tiempo. Además, requiere mantener mucho menos de la mitad del inventario necesario en el sitio, dando lugar a muchos menos defectos y produce una mayor e incluso creciente variedad de productos (Womack, Jones y Ross 1990).

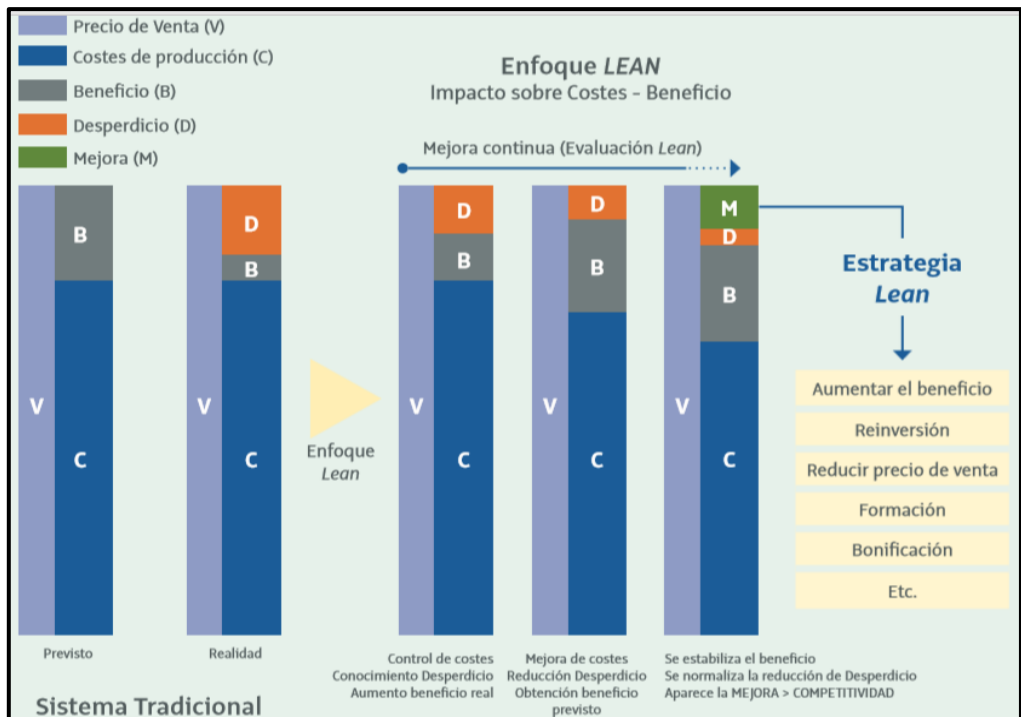
El término que se adoptó tanto desde el punto de vista académico como empresarial para definir el conjunto de técnicas de producción japonesas desarrolladas por la Toyota Motors fue Lean production o producción ajustada. Fue acuñado por John Krafcik a finales de la década de los 80, y difundido a nivel global durante la década de los 90 a raíz de la publicación de los libros, *La máquina que cambió el mundo*, de James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos y *Lean Thinking: cómo utilizar el pensamiento Lean para eliminar los desperdicios y crear valor en la empresa* de J. Womack y D. Jones. La publicación, *Las claves del éxito Toyota* de Jeffrey K. Liker (2006) contribuyó enormemente a la difusión del sistema de producción Toyota.



**Ilustración 2.2: Tres de los libros que más han contribuido a la difusión y conocimiento de la filosofía Lean y el TPS**

Fuente: Ab escuela de la construcción (Lean construction Institute, 2018)

A continuación en la ilustración 2.3 se explican las principales diferencias de enfoque y planteamiento entre un sistema tradicional de gestión de proyectos (izquierda del gráfico), donde el desperdicio o improductividad no ha sido considerado desde un punto de vista económico, y el sistema según un enfoque Lean (derecha de gráfico) en el que, desde el inicio del proyecto, todos los agentes y actores involucrados en el mismo trabajan para maximizar el valor del cliente y minimizar todas aquellas actividades, gestiones y transacciones inútiles que no añaden valor, teniendo en cuenta los intereses generales de todos y no los particulares de cada parte. (Lean construction Institute, 2018)



**Ilustración 2.3 Sistema tradicional vs enfoque lean**

Fuente: Ab escuela de la construcción (Lean construction Institute, 2018)

### 2.2.5 Enfoque tradicional

Según el sistema tradicional, primero, el promotor encarga un pre-diseño para la pre-comercialización; en segundo lugar, una empresa constructora, en base a su experiencia, calcula el costo de construcción según ese pre-diseño, todavía no definido completamente; por último, se suman los gastos generales y los costos indirectos. La suma total nos proporciona un costo estimado de producción (C) al cual se le añade un beneficio (B). La suma del costo de producción más el beneficio nos da un precio de venta al público (Z).

Cuando aplicamos el principio de costos, según el cual  $(Z) = (C) + (B)$  y se produce un incremento inesperado de los costos de producción, pueden plantearse dos escenarios:

- 1) Si decidimos aumentar el precio de venta, estamos haciendo responsable al cliente de nuestros costos improductivos que surgen durante la fase de ejecución
- 2) si mantenemos el precio, entonces baja el margen de beneficio y hacemos peligrar la estabilidad del negocio

### 2.2.6 Enfoque según Lean Construction

En primer lugar, se crea un equipo de gestores Lean formado por representantes de los tres principales agentes o actores implicados – diseñadores / proyectistas, empresa constructora o contratista principal y promotores del proyecto – pudiendo adherirse consultores externos y otras partes interesadas.

Según un enfoque Lean, primero se ha calculado (Z) en función de las características que aportan valor para el cliente hoy, definidas por este y ajustadas al precio que puede o está dispuesto a pagar según las condiciones actuales. Así pues, el estudio empieza con

el cliente y con el conocimiento de su escala de valores. A continuación, el equipo de proyecto calcula el costo de construir ese edificio o instalación según las especificaciones definidas por el cliente, pero esta vez, asumiendo desde el comienzo que un porcentaje de las actividades y transacciones que vamos a realizar son improductivas y no añaden valor al cliente tal y como él lo percibe.

Tal y como vemos en la ilustración 2.3 podemos abordar la mejora continua en tres fases:

1. Existe conocimiento pleno de que una parte de nuestras actividades van a ser improductivas y no van a aportar valor desde la perspectiva del cliente. A partir de ahí, llevamos a cabo un control de costos Lean, puesto que ahora disponemos de conocimiento y herramientas de gestión para empezar a identificar, calcular y controlar el desperdicio. Mejoramos el beneficio real y disminuimos el desperdicio actual mediante la mejora de diseño y de procesos de ejecución, de manera que nos permita reducir el costo de producción sin disminuir la calidad y las prestaciones de la edificación.
2. Continuamos con la mejora continua y el control de costos mejorando el diseño y los procesos. Reducimos aún más el desperdicio y alcanzamos el beneficio esperado.
3. Estabilizamos el margen de beneficio. Transformamos desperdicio y costos de producción en mejora

### **2.2.7 Definición de Lean Construction**

La aplicación de los principios y herramientas del sistema Lean a lo largo de todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción se conoce como Lean Construction o construcción sin pérdidas.

Lean Construction abarca la aplicación de los principios y herramientas Lean al proceso completo de un proyecto desde su concepción hasta su ejecución y puesta en servicio.

La filosofía Lean Construction está destinada básicamente a maximizar el valor del producto para el cliente mediante la minimización o eliminación del desperdicio.

Proporciona varias herramientas que buscan lograr una producción más limpia y sin pérdidas. Estas herramientas permiten disminuir la alta variabilidad del sector y ve a la construcción como un flujo de procesos en sí, como es el llamado “Modelo de Flujo de Procesos” que está compuesto por las siguientes actividades:

- ✓ La conversión: actividad que SÍ agrega valor
- ✓ Las pérdidas: actividades que NO generan valor

Entonces, este enfoque se basa en la minimización y/o eliminación de las pérdidas, ya que estas pérdidas consumen la mayor parte del proceso. Produciendo así gran impacto en la producción (UPC Escuela de Postgrado, 2016)

### 2.2.8 Metodología de lean construction

Conformada por:

- Eliminación de las actividades que no agregan valor
- Simplificación mediante la reducción de actividades
- Reducción del tiempo de los ciclos
- Enfoque en el control de los procesos completos
- Introducción de la mejora continua dentro de nuestros procesos.

Entonces explicado de otra manera, Lean es una filosofía, una nueva forma de trabajar que fundamentalmente se basa en el respeto por las personas y sus 5 pensamientos claves son:

- Optimizar el todo
- Minimizar el desperdicio
- Foco en el flujo y en el proceso
- Generación de valor
- Mejora continua

Se asocia a la filosofía lean, las 3MU's (palabras en idioma japonés) que son: Muda, Mura y Muri

- **Muda:** Eliminación de desperdicios

Desperdicio es todo derroche o desaprovechamiento de los recursos y talentos con los que cuenta una organización: materiales, maquinaria y equipo, tiempo, espacio, competencias, talento humano, etc. El uso productivo de los recursos nos conduce a la reducción del desperdicio y a la conservación de los recursos escasos o más caros.

Taiichi Ohno identificó 7 tipos de desperdicios a los que posteriormente en Toyota agregaron uno más.

#### **“NO REPETIR”**

*NO preguntar*

*Retrabajos*

*Esperas*

*Producir de más*

*Exceso de procesamiento*

*Transporte no necesarios*

*Inventario*

*Residuos*



### Ilustración 2.4 : 7 Tipos de desperdicios

Fuente: Ab escuela de la construcción (Lean construction Institute, 2018)

- **Mura:** Variación

La variación es causada por fluctuaciones en un proceso predeterminado. Los procesos inconsistentes producen resultados inconsistentes.

La variación tiene un efecto negativo en el flujo de trabajo. El tiempo de espera y la capacidad deben ser equilibrados para evitar cuellos de botella. (Lean construction Institute, 2018)

#### Tipos de Variación

La variación es una diferencia aleatoria o no aleatoria en un proceso de producción.

William Deming establece la diferencia entre dos tipos de variación:

- Variación de causa común: Aleatoria, una propiedad del proceso o Procedimiento.
- Variación de causa especial: No aleatoria, causada por influencias externas al proceso definido.

La variación de ambos tipos en sistemas de producción es mala.

La variación de causa especial debe ser abordada antes de la variación de causa común.

#### Diferencia entre variación y variabilidad

Variación se define como una desviación indeseable del proceso de producción.

Variabilidad es la habilidad de desviarse de los procedimientos habituales de forma creativa y productiva

Con la variabilidad como habilidad de los trabajadores, hay más oportunidades de innovar y mejorar métodos.



La variación se mitiga comúnmente con el uso de búferes, a diferencia de la variación, la variabilidad es buena en un proyecto pues permite la innovación y mejora

La meta de todo sistema de producción es lograr el flujo constante, la variación introduce en los sistemas desperdicios que impiden el flujo.

Ha sido necesario un control constante de la organización y de los procesos, para identificar fallos, defectos, no conformidades e incumplimientos.

Las actividades de construcción dependen de 7 flujos principales los cuales no deben parar (o estar preparados):

**SIEMPRE:** 7 flujos, recursos o restricciones

*Seguridad*

*Información*

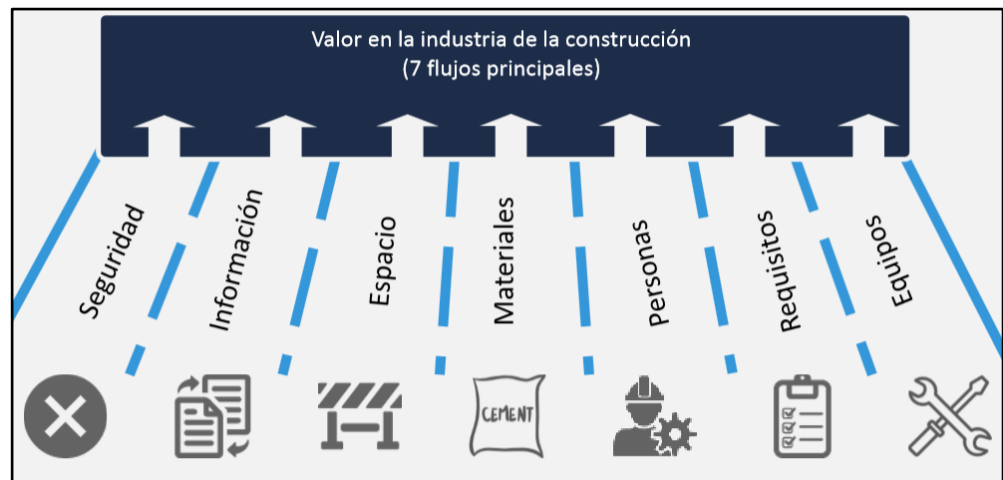
*Espacio*

*Materiales*

*Personas*

*Requisitos (Previos o externos)*

*Equipos (herramientas)*



**Ilustración 2.5 : 7 Flujos, recursos o restricciones**

Fuente: Ab escuela de la construcción (Lean construction Institute, 2018)

- **Muri:** Sobrecarga, cuellos de botella

Se define como cualquier actividad que requiere un estrés o esfuerzo poco razonable por parte del personal, material o equipo, provocando cuellos de botella (la acumulación de tareas en una determinada fase del proceso), tiempos muertos, etc. Esto surge principalmente a causa de una mala planificación, entonces podemos decir que los conceptos de las 3MU's van de la mano:

Cuando un proceso no está equilibrado (mura), se produce una sobrecarga en el equipo, las instalaciones y las personas (muri) que dará lugar a actividades sin valor añadido (muda). En resumen los pasos a seguir:

- Diseñar el sistema con la capacidad para cumplir con los requerimientos sin sobrecargar a las personas, equipos o métodos (MURI)
- Esforzarse para reducir la variación (MURA)
- Eliminar las fuentes de desperdicio (MUDA)

### 2.2.9 Herramientas lean

El análisis de los resultados de los sistemas de medición utilizados a continuación nos ha ayudado a tomar decisiones de mejoras y elevar el trabajo productivo.

Las mejoras se traducen en dinero que se ahorra, es decir reducimos los costos de construcción.

Al eliminar trabajos que no aportan valor, el trabajo productivo aumenta.

Para cuantificar la productividad de las obras de construcción en el proyecto mencionado, se analizó la Productividad, a partir de un estudio del Trabajo, donde se determina los niveles de ocupación del tiempo; clasificándolos en trabajo productivo, contributivo y no contributivo.

A continuación, se presenta las herramientas que se usaron en el proyecto para controlar la producción. En el presente capítulo se presenta la teoría de cada una de las herramientas y en el siguiente capítulo se presenta los resultados al aplicar estas herramientas en la construcción del hotel Holiday Inn en la ciudad de Piura. La mayoría de las siguientes herramientas son usadas en el sistema Last Planner:

#### LAST PLANNER SYSTEM

Last Planner (último planificador) es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos de construcción.

Su principio básico se basa en aumentar el cumplimiento de las actividades de construcción mediante la disminución de la incertidumbre asociada a la planificación. Para explicar este principio revisemos tres situaciones que suceden en los proyectos de construcción. (enterprise, 2016)

La Ilustración 2.6 muestra la situación general del proyecto; en la etapa de planificación se determinan los plazos y recursos de las actividades, es decir, lo que “debería hacerse” (recuadro negro). Sin embargo, a medida que avanza el proyecto se hace cada vez más difícil de cumplir el plan inicial, y lo inicialmente planeado se modifica. En ese punto la situación cambia hacia lo que “se hará” realmente en el proyecto (recuadro azul). Finalmente, el plan inicial se ha modificado de tal forma que solo “se puede” ejecutar la obra de una forma distinta a lo planteado inicialmente (recuadro naranja).



**Ilustración 2.6: Situación general de los proyectos de construcción**

Fuente: LCE (enterprise, 2016)

En ocasiones, la situación de los proyectos de construcción no es tan crítica como la descrita en la Ilustración 2.6. Debido a que se toman medidas de control que permiten un mejor cumplimiento del plan inicial. No obstante, permanece la ejecución de algunas actividades de construcción en una intercepción entre “se puede” y “se hará”.

La Ilustración 2.7 muestra esa situación. En ese caso la incertidumbre asociada a las actividades no es posible controlarla adecuadamente y algunas de ellas no se ejecutan como lo indica el plan inicial.



**Ilustración 2.7 Situación de proyectos con mejor planeación**

Fuente: LCE (enterprise, 2016)

Mediante la implementación de Last Planner es posible que los plazos y recursos de los proyectos se ejecutan tal como lo establece el plan inicial. En este caso el plan “se puede” y “se hará” (Ilustración 2.8).



**Ilustración 2.8 Situación del proyecto con la aplicación last planner**

Fuente: LCE (enterprise, 2016)

## **IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL**

La implementación de Last Planner es muy sencilla, pero requiere de un estricto cumplimiento. Esta consiste en general en crear planificaciones intermedias, semanales, diarias enmarcadas dentro de la programación inicial o plan maestro del proyecto, analizando las restricciones que impiden el normal desarrollo de las actividades.

Estas cuatro planificaciones forman una especie de pirámide (Ilustración. 2.9) en donde la base que la sustenta es el plan maestro.

En la determinación de los planes deben participar el equipo de trabajo del proyecto. Cada uno de los miembros debe contribuir a que los planes sean congruentes entre sí.

El plan maestro cubre todas las actividades de construcción del proyecto; desde su inicio hasta su terminación. El plan intermedio se obtiene del plan maestro y puede realizar para un plazo de 3 meses. Cuando se ejecute el primer plan intermedio, se debe crear otro para las actividades del próximo trimestre, y así sucesivamente hasta terminar la obra.

El plan semanal se determina con base en el plan intermedio. Este plan contiene las actividades que se ejecutarán cada semana y posteriormente para cada día.



**Ilustración 2.9 Esquema de los planes necesarios en el proyecto**

Fuente: LCE (enterprise, 2016)

#### **2.2.9.1 Look ahead**

Es un cronograma de ejecución a mediano plazo (suele estar entre 3 a 6 semanas). Se ha partido de la programación maestra, haciendo algunos cambios al cronograma debido a que el lookahead es mucho más detallado de los cual se debe tomar en cuenta lo siguiente, incluido en el cronograma:

- **Duración** : tiempo que tomara ejecutar las diferentes partidas y/o actividades
- **Comienzo/Fin** : fecha exacta de comienzo y culminación de la partida
- **Observaciones y/o restricciones**: información acerca del impedimento u obstáculos para lograr con los objetivos planteados inicialmente

#### **2.2.9.2 Programación semanal**

Es un cronograma tentativo donde se muestra las actividades a realizar en la semana. Se supone que todas las actividades mostradas no deben de tener restricciones para su realización. Para realizar la programación semanal se debe tener en cuenta la programación de las siguientes semanas (lookahead)

Se requiere de un formato en Excel donde se indiquen las actividades a realizar, su cumplimiento y restricciones para cada partida a ejecutar.

#### **2.2.9.3 Programación diaria (pizarras)**

Esta metodología nos ayudó a planificar el trabajo para el día siguiente y la distribución de las cuadrillas. La reunión se realiza después de la jornada laboral en promedio 30 minutos donde participan todos los jefes de área, ingenieros de construcción, capataces y jefes de grupo.

Para el cual se ha necesitado planos ploteados de tamaño mínimo de A3 para poder ser visualizados por los participantes ya mencionados, en dichos planos se ha procedido a mapear la cantidad de trabajo a ejecutar por partida o especialidad y cuantificar el personal que le toca realizar dichas actividades al día siguiente.

#### **2.2.9.4 Informe semanal de producción (ISP)**

Se refiere al monitoreo o control que se le hace a una partida en específico para medir su nivel de productividad, este control se realiza semanalmente, rigiéndonos del rendimiento que se tiene presupuestado.

Mediante este Control se ha medido el avance realizado de dicha partida para poder cuantificar la ganancia y/o pérdida HH y mediante algún plan estratégico lograr una mejora en la eficiencia de las actividades controladas.

Dicho control se obtiene hallando las siguientes variables:

- **Avance o producción diaria:** monitoreo y control de la partida a ejecutar dada en la unidad de medida correspondiente a ello ( $m^2$ ,  $m^3$ , etc.)
  - **Rendimiento del presupuesto:** este rendimiento incluye un número de personas para ejecutar una unidad de producción en un tiempo determinado
  - **Cuadrilla:** Cantidad de personal obrero para ejecutar dicha partida

Teniendo éstas variables, se podrá hallar lo siguiente:

- **Rendimiento diario:** Se obtiene del avance o producción diaria, cantidad ejecutada y número de personas que lo ejecutan.
- **Rendimiento acumulado:** rendimiento que se acumula de acuerdo a cantidad ejecutada, horas hombre utilizadas y cantidad de personas del día a día

#### 2.2.9.5 Nivel general de actividades (N.G.A.)

Herramienta Clásica en el estudio de tiempos y movimientos, el resultado de estas mediciones nos ha indicado el promedio de cómo está distribuido el esfuerzo total de trabajo.

A través del N.G.A se ha podido distinguir el porcentaje de tiempo que la mano de obra dedica a realizar actividades que agregan valor y el porcentaje que no agrega valor y así proponer mejoras para la Productividad de la misma.

Los trabajos evaluados en el nivel general de actividades se clasifican en:

**Trabajo productivo** : Trabajo que aporta de forma directa a la producción.

**Trabajo contributorio** : Trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad aparentemente necesaria, pero que no aporta valor

**Trabajo no contributorio:** Trabajo que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida.

En la tabla 2.2, se observa la clasificación de las actividades, productivas, contributorias y no contributorias

**Tabla 2.2 Clasificación detallada de las actividades**

	TP
TP	Montaje, soldadura,etc.
	TC
T	Transporte
A	Andamio
L	Limpieza
I	Recibir/dar instrucciones
M	Mediciones
X	Otros
	TNC
V	Viajes
N	Tiempo ocioso
E	Esperas
D	Descanso
B	Necesidades fisiológicas
R	Trabajo rehecho
Y	Otros

#### **2.2.9.6 Carta balance**

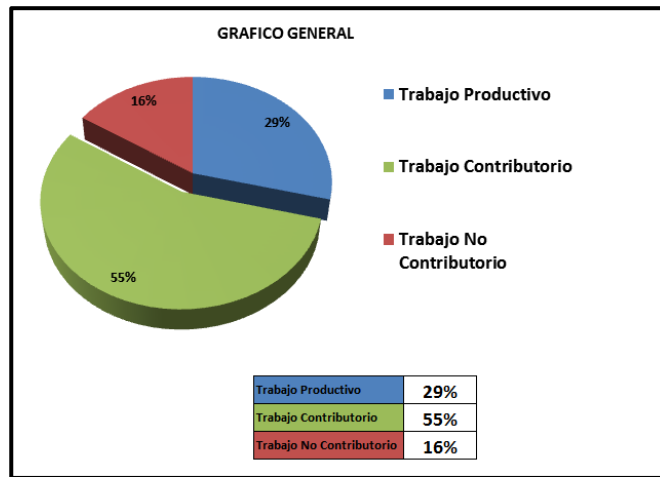
Es una herramienta que se centra en una actividad específica, en la cual se ha determinado cómo se divide el tiempo que se le dedica en este caso solo a las partidas que se cree que alteran o impactan en el presupuesto.

Similar al nivel general mencionado anteriormente se clasifican las actividades de acuerdo a trabajo productivo, contributivo y no contributivo

El tipo de trabajo dentro de cada actividad se define previo al inicio de la medición (Trabajo productivo, Contributivo y No Contributivo).

Una vez con los resultados se ha buscado optimizar el proceso y la posibilidad de introducir un cambio o mejora dentro de la cuadrilla (Hallar el número óptimo de obreros en cada cuadrilla), materiales y equipos.

Los niveles de productividad se observan en el grafico general como se muestra en la ilustración 2.10



**Ilustración 2.10: Grafico general de la ocupación del tiempo en carta balance**

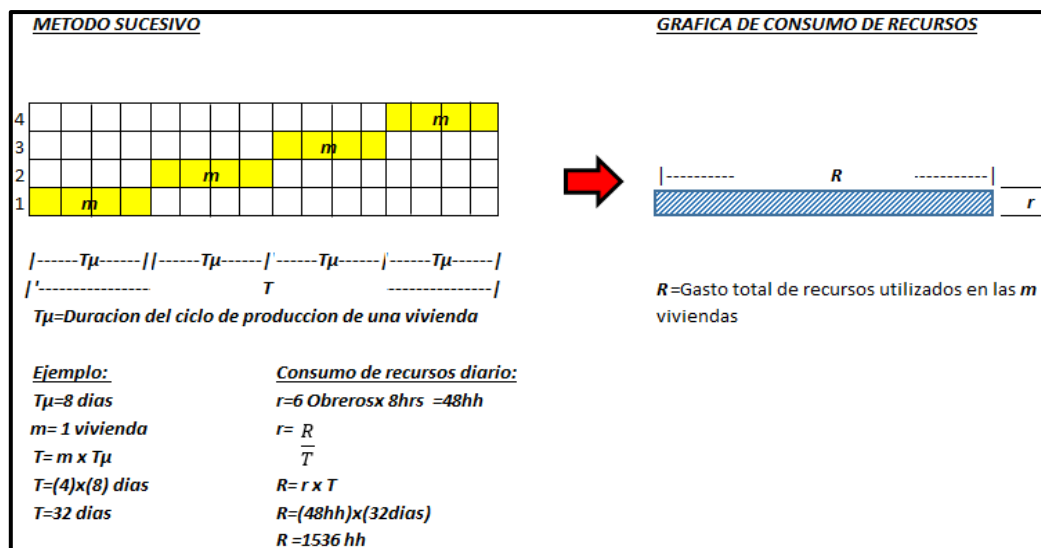
### **2.2.10 Construcción en cadena**

La experiencia de la producción muestra que el mejor método de su organización es el sistema de la cadena de producción que se diferencia por la uniformidad y continuidad del proceso tecnológico.

La uniformidad y continuidad de la producción se expresan en el consumo continuo y uniforme de los recursos laborales y materiales, y también por la salida del producto terminado de manera continua y uniforme. Esto conlleva al mejoramiento de todos los indicadores; la producción se acelera; con la misma potencia instalada se producen más productos; la calidad de ellos mejora y el costo de la producción disminuye. Los mismos principios de continuidad y uniformidad se aplican como base de la construcción en cadena. (Mudnikov, 1961)

La esencia de la construcción en cadena puede ser explicada con las ilustraciones mostradas más adelante. Supongamos que es necesario construir  $m$  viviendas iguales (producir  $m$  unidades de producción de construcción). La construcción de ellas puede ser organizada por diferentes métodos: sucesivo, paralelo, en cadena.

El método sucesivo (Ilustración 2.10) prevé tal orden de trabajos en el que la siguiente vivienda se construye después de la terminación de la anterior. El método paralelo (Ilustración 2.11) prevé la construcción simultánea de todas las viviendas. El método en cadena (Ilustración 2.12) es la combinación del sucesivo y paralelo en el que en gran medida se eliminan las deficiencias y se conservan las ventajas de cada uno de ellos. En el método en cadena, el proceso tecnológico de edificación de la vivienda se divide en  $n$  procesos componentes (construcción de los cimientos, levantamiento de muros y techado, construcción de la cobertura, trabajos de acabados húmedos, etc.), se asignan para cada uno de ellos igual duración y combinan su ejecución rítmica en el tiempo en las diferentes viviendas, garantizando la ejecución sucesiva de los procesos homogéneos y en paralelo – los heterogéneos.



### Ilustración 2.11 Características comparadas de los métodos de ejecución/ Método Sucesivo

Fuente: Elaborado con información de (Mudnikov, 1961)

En el método sucesivo la duración de la construcción de las  $m$  viviendas es

$$T = m T\mu$$

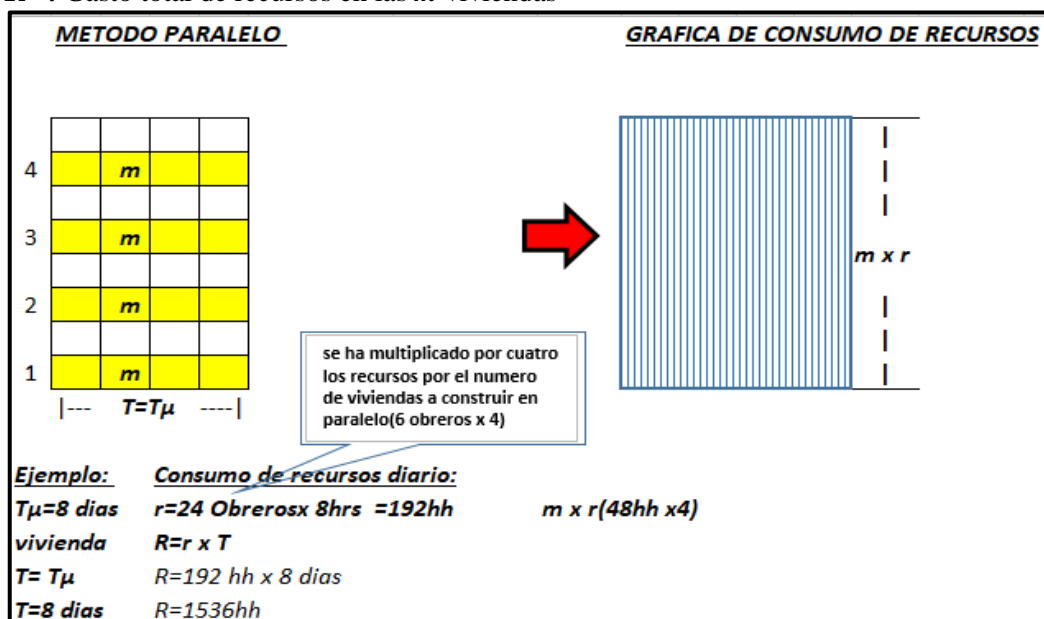
Y la intensidad de consumo de recursos en la unidad de tiempo es

$$r = R/T$$

Donde:

$T\mu$ : Duración del ciclo de producción de una vivienda

$R$  : Gasto total de recursos en las  $m$  viviendas



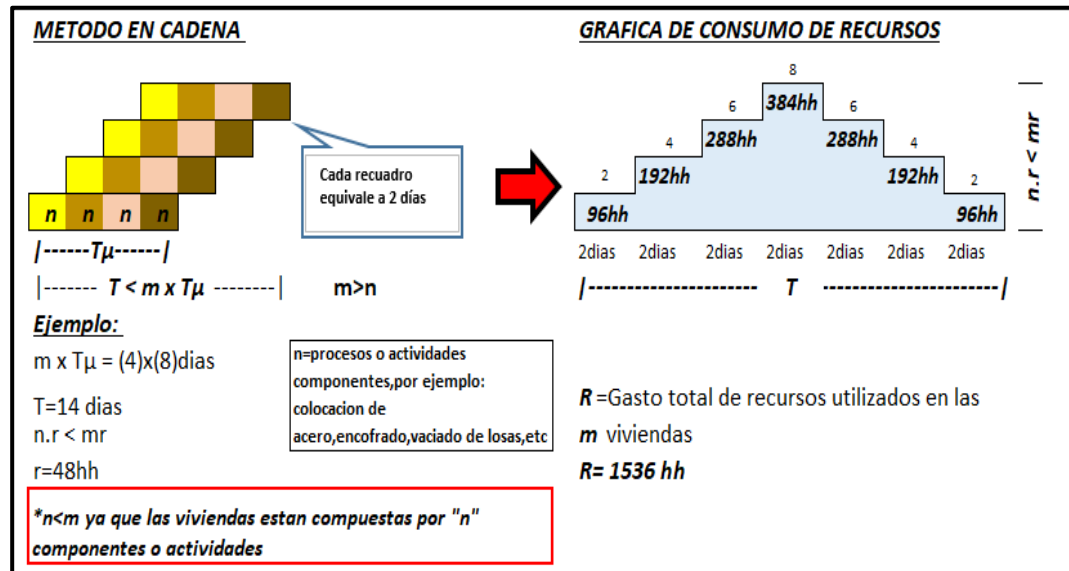
### Ilustración 2.12 Características comparadas de los métodos de ejecución/método paralelo

Fuente: Elaborado con información de (Mudnikov, 1961)



En el método paralelo la producción se acelera:

La duración total de la construcción de las  $m$  viviendas corresponde a la duración de un ciclo de producción –  $T_{\mu}$ , pero la intensidad de consumo de recursos se incrementa en  $m$  veces.



**Ilustración 2.13 Características comparadas de los métodos de ejecución/ método en cadena**

Fuente: Elaborado con información de (Mudnikov, 1961)

La construcción en cadena de  $m$  viviendas requiere menos tiempo que el sucesivo ( $T < m \times T_{\mu}$ ), y la mayor intensidad del consumo de recursos, por lo general, será menor que en el método paralelo ( $n \times r < m \times r$ ), pues en la producción en cadena  $m > n$ . En consecuencia, el en cadena de producción es una composición efectiva del sucesivo y paralelo.

Para el diseño de la cadena de construcción es necesario:

- 1) El proceso de producción de construcción se divide en procesos y operaciones componentes
- 2) Dividir el trabajo entre los ejecutores
- 3) Crear el ritmo de producción
- 4) Al máximo ejecutar de manera simultánea en el tiempo los procesos componentes.

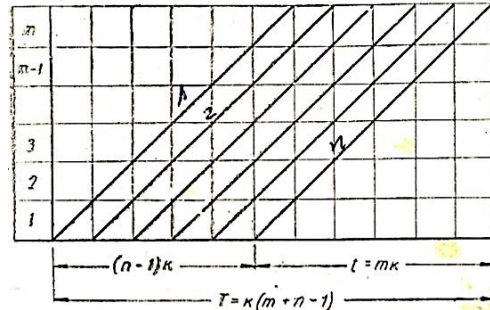
### 2.2.10.1 Leyes principales de la cadena de construcción

La cadena de construcción representa en sí el proceso de producción que se desarrolla en el tiempo y en el espacio. Su desarrollo generalmente puede ser representado gráficamente en forma de ciclograma (Ilustración 2.13).

Aquí en el eje de las abscisas se representa el tiempo y en las ordenadas – las unidades de producción de construcción (edificios o sus partes). El proceso tecnológico dividido en  $n$  procesos componentes será representado por  $n$  líneas inclinadas paralelas.

### 2.2.10.2 Ciclograma:

Gráfico de la construcción en cadena que modela el desarrollo de la cadena en el tiempo y en el espacio. Es decir, es una Programación y/o Planificación de las actividades a realizar en un tiempo (estableciendo plazos) determinado de ejecución.



**Ilustración 2.14 Ciclograma**

Fuente: Fundamentos de la construcción en cadena (Mudnikov, 1961)

### 2.2.11 Método del valor ganado/ Earned value management (EVM)

Es una metodología de gestión para integrar alcance, cronograma y recursos así mismo se mide el rendimiento y avance del proyecto de forma objetiva. El rendimiento se mide determinando el costo presupuestado del trabajo realizado (es decir el valor ganado) y comparándolo con el costo real del trabajo realizado (es decir costo real). El avance se mide comparando el valor ganado con el valor planificado.

La gestión del valor ganado compara la línea base para la medición del desempeño (PMB), con respecto al desempeño real del cronograma y del costo. Respecto a los costos reales para el trabajo realizado se usa para realizar comparaciones del rendimiento de costo. (Project management Institute, 2018)

El análisis de valor ganado se realiza puntualmente para medir el estado del proyecto por medio de la respuesta a las tres preguntas que se plantean líneas abajo. Luego de obtener la respuesta a estas preguntas, las métricas del valor Ganado pueden ser fácilmente calculadas:

- ¿Qué tanto trabajo se planificó? (Valor Planeado)
- ¿Qué tanto trabajo actualmente se ha completado? (Valor Ganado)
- ¿Que tanto ha costado completar el trabajo actual? (Costo Actual)

**Tabla 2.3 El EVM y preguntas básicas en dirección de proyectos**

PREGUNTAS DE DIRECCION DE PROYECTOS	MEDICION DEL DESEMPEÑO EVM
¿Cómo estamos en el Tiempo?	Análisis y proyección del cronograma
¿Estamos en programa o atrasados?	Varianza del Cronograma (SV)
¿Qué tan eficiente somos utilizando el tiempo?	Índice de desempeño del Cronograma (SPI)

¿Cuándo esperamos terminar el proyecto?	Estimado al Finalizar (EAC)
¿Cómo estamos en el Costo?	Análisis y proyección del Costo
¿Estamos en presupuesto o desfasados?	Varianza del Costo (CV)
¿Qué tan eficiente somos utilizando los recursos?	Índice de desempeño de los Costos (CPI)
¿Cuánto nos costará al final el proyecto?	Estimado AL Finalizar (EAC)

Fuente: Practice standard for earned value management (Project management Institute, 2018)

## 2.3 Glosario de términos básicos

### Ayudante

Trabajador no calificado y que realiza labores diversas sin especialidad alguna

### Costo Actual (AC)

Es el costo real del trabajo realizado en el momento del análisis. Al inicio se suele presentar la confusión de costo actual con la figura del valor ganado, también con el porcentaje alcanzado con el valor ganado. Para la facilidad de entendimiento es importante recordar que el EVM está basado en el presupuesto inicial del proyecto.

### Cuadrilla

Número de personas (sea sola o en grupo) necesarias, según el procedimiento de construcción adoptado, para alcanzar el rendimiento establecido.

### Índice de desempeño del costo (CPI)

Es una medida del valor ganado de un proyecto comparada a los costos reales incurridos.

### Índice de desempeño del cronograma (SPI)

Es una medida de progreso real del cronograma del proyecto. (Alba, 2014)

### Metrado:

Es la medición de las partidas a ejecutar dentro de un proyecto en términos de longitudes, áreas, volúmenes, unidades, etc. Se basan en el diseño y en la topografía del proyecto y se realizan con el objeto de calcular la cantidad de obra a realizar. Son realmente importantes, en la etapa previa a la ejecución de un proyecto, de los metrados dependen fundamentalmente los presupuestos, por eso cuando hablamos de metrados automáticamente hablaremos de los presupuestos y por ende también de los costos.

Los metrados se realizan en la etapa del diseño del proyecto y se verifican en la obra y para facilitar la medición y exactitud del cálculo se necesitan de plantillas en Excel, AutoCAD u otra herramienta. Los metrados conjuntamente con los costos unitarios dan como resultado el Presupuesto de la Obra.

### Oficial

Se definen como los ayudantes de los operarios.

**Operario**

Trabajadores que realizan trabajos manuales o que requiere esfuerzo físico y que participan dentro de un proceso productivo, estos trabajadores se pueden clasificar en: Albañiles, carpinteros, pintores, electricista, gasfiteros, plomeros, mecánicos, y demás trabajadores que tengan alguna especialidad.

**Optimización de procesos**

El propósito de la optimización de procesos es reducir o eliminar la pérdida de tiempo y recursos, gastos innecesarios, obstáculos y errores, llegando a la meta del proceso. Nosotros sólo gastamos tiempo corrigiendo un error si este existe. No es suficiente saber esto, pero sí, saber la forma de lograrlo. En esta investigación se muestra el paso a paso de cómo llegar a ese objetivo.

**Rendimiento:**

Cantidad de recursos usados para realizar una unidad de producción.

**Tiempo de ciclo**

Es cuánto tiempo toma para conseguir el trabajo a través del proceso de producción.

**Trabajo Contributorio:**

Trabajo de apoyo que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo, actividad aparentemente necesaria pero que no aporta valor directamente a la producción, como por ejemplo: transporte de material y/o herramientas, armado de andamios para encofrado, dar o recibir instrucciones, cualquier tipo de medición, etc.

**Trabajo en progreso**

Es la cantidad de trabajo en el proceso de producción.

**Trabajo No Contributorio:**

Trabajo que no genera valor y no contribuye a otra actividad por lo tanto se considera como tiempo muerto o actividad de pérdida, por ejemplo: movilizarse sin llevar nada en las manos, esperas del personal, descansar, ir a los servicios higiénicos, rehacer un trabajo, etc.

**Trabajo Productivo:**

Trabajo que aporta directamente a la producción.

**Valor ganado (EV)**

Representa la suma de todo el costo del presupuesto del trabajo realizado en el momento del análisis. (Alba, 2014)

**Valor planeado (PV)**

Representa el costo del presupuesto para todas las tareas que fueron planeadas empezar y terminar en el momento del análisis.

**Velocidad:**

Cantidad de producción que se realiza en una unidad de tiempo

## 2.4 Marco referencial

### 2.4.1 HV Contratistas S.A



**Ilustración 2.15: Logo de HV Contratistas**

Fuente: (HV contratistas S.A, 2018)

En 1951 se crea una empresa que lleva como nombre el apellido de dos de sus principales asociados: Haaker – Velaochaga y que tiene como principio ser una empresa de proyectos y edificaciones en la que se pueda confiar.

A lo largo de más de 67 años de exitosa trayectoria, se fueron incorporando una serie de valiosos profesionales, logrando crear un equipo de especialistas en las más diversas áreas y responsables de mantener el prestigio y solvencia profesional que la caracteriza, estableciendo relaciones sólidas y obteniendo la confianza de sus clientes. De esta manera ha logrado consolidarse como una de las empresas líderes de la industria de la construcción, contando con la tecnología, logística, infraestructura y maquinaria adecuada para asumir las más importantes obras y garantizar los mejores resultados.

Desde el 2008 HV Contratistas, forma parte de SalfaCorp, holding líder en la industria de la construcción en Chile con más de 80 años de historia en el rubro y que cuenta con operaciones en Perú, Chile, Colombia, Panamá y Uruguay, donde atiende mercados ligados a minería, cemento, energía, retail, forestal, hoteles y la industria en general, con una facturación superior a los US\$2,200 millones, lo que la ubica entre las 150 mayores empresas contratistas a nivel mundial.

HV Contratistas, a través de la experiencia y prestigio internacional de Salfacorp, fortalece su oferta de valor para brindar a sus clientes el mejor servicio, basado en la calidad, eficiencia y confianza que los ha caracterizado a lo largo de estos más de 67 años.

#### VISIÓN

Ser líderes en los segmentos donde actúa siendo reconocidos como la empresa constructora más confiable, superando las expectativas de sus clientes.

#### MISIÓN

Empresa peruana de gran competitividad que brinda a sus clientes los servicios de ingeniería y construcción de proyectos con excelencia y eficacia, promoviendo el desarrollo integral de las personas y comprometidos en contribuir con el desarrollo del país.

## VALORES

- Confiables.
- Se preocupan por el desarrollo de las personas.
- Se orientan al cliente.
- Son creativos y flexibles.
- Se orientan al resultado.
- Tienen pasión por ser los mejores.
- Son Humanos.

### 2.4.2 Descripción del proyecto

A continuación se presenta los datos de la obra en estudio de la presente tesis:

- Nombre del Proyecto: Hotel Holiday Inn
- Empresa ejecutora : HV Contratistas
- Datos Generales :

#### Generalidades:

El proyecto Hotel Holiday Inn Piura, de categoría 4 estrellas, se desarrolló en el terreno ubicado en el cruce de la Avenida Guillermo Gulman 526 esquina Calle Tomas Arellano 177, con un área de 1348.11m<sup>2</sup>. Este predio formó parte del área libre del lote Matriz donde se ubicaba anteriormente solo el Centro Comercial Plaza del Sol. Este proyecto se desarrolló bajo la propiedad de Corporación Hotelera Piura S.A.C. Así mismo, se diseñó bajo las normas y reglamentos vigentes de los certificados de parámetros urbanísticos, Reglamento Nacional de Edificaciones.

Por su ubicación, se previó que posea buenos accesos y salidas en sus dos frentes, peatonal por la Av. Guillermo Gulman, vehicular y de servicio por la calle Tomas Arellano.

Se previó que tenga cercanía a edificios, centros comerciales de influencia metropolitana entre muchas otras facilidades, por ubicarse en una zona totalmente comercial.

#### Ubicación

Av. Guillermo Gulman 526 esquina Ca. Tomas Arellano 177. El terreno contó con zonificación comercio metropolitano (CM). El proyecto fue desarrollado con la normatividad de la Municipalidad de Piura, el Plan de Desarrollo Urbano de Piura, Veintiséis de Octubre, Castilla y Catacaos al 2032 y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### Descripción del proyecto

El proyecto se desarrolló con un volumen puro, destacando en la fachada una pintura texturada decorativa “RUSTIK GRUESO”, generando una composición arquitectónica armónica y funcional respondiendo a los requerimientos y necesidades de hospedaje que la zona demanda. Así mismo, se logró un edificio innovador, que mejora la calidad de vida en sus actividades cotidianas, y generó un elemento urbano que forma parte de la consecuente mejora de la ciudad.

El proyecto Hotel Holiday Inn Piura está conformado por una torre de 7 niveles + azotea, con la siguiente distribución:

### **1° Sótano**

Hall de ascensores, zona de mantenimiento - deposito, ascensor de servicio, hall de servicio, escaleras de evacuación, cuarto de acopio de basura seca, cuarto de acopio de basura húmeda, cuarto de control, cámara de desagüe, cuarto de bombas, cisterna 1, cisterna 2, sala de transvase de petróleo, área de descarga, estacionamiento de vehículos 30 (01 discapacitados), cuarto de bombas de piscina, rampa vehicular.

### **1° piso**

Acceso principal, Ingreso de servicio, Ingreso a Estacionamiento, vestíbulo de ingreso, recepción y consejería, maletero, oficina gerente general, back office, área teléfonos públicos, vestíbulo de ascensores, baterías de SS.HH, cocina con área de lavado, despensa, terraza, comedor/bar. Salas de reunión, antesala, piscina, terraza, SS.HH.

Acceso de servicio desde la calle, escaleras de evacuación, cuarto de Data, cuarto eléctrico, vestidores hombres y mujeres, comedor de empleados, ascensor de servicio, vestíbulo de servicio, lavandería, oficio, cuarto de ropa blanca, pasillo servicio, casilleros de empleados, depósito de limpieza general, contabilidad, back office ventas.

### **2° Piso**

Hall de ascensores, pasillos de acceso a 17 habitaciones, cuarto eléctrico, Depósito/ Cuarto de data/Cto.máquina de hielo, gimnasio y 1 habitación con accesibilidad para discapacitados o mini suite, hall de servicio, ascensor de servicio, oficio y escaleras de evacuación.

### **3 al 7° Piso**

Hall de ascensores, pasillos de acceso a 19 habitaciones, cuarto eléctrico, Depósito/ Cuarto de data/Cto.máquina de hielo y 1 habitación con accesibilidad para discapacitados o mini suite, hall de servicio, ascensor de servicio, oficio y escaleras de evacuación.

### **Azotea**

Escalera de evacuación, subestación eléctrica, sala de tableros eléctricos, sala de calderas y área de equipos

### **Circulación Vertical**

Se previó que el edificio, de acuerdo al funcionamiento y uso diferenciado, cuente con 02 cabinas de acceso al público para que circulen desde el sótano al piso 7, además que cuente con un ascensor de servicio que recorre todos los niveles del proyecto.

Se construyó cuatro (04) escaleras de circulación vertical: dos (02) escaleras de escape presurizadas para los pisos superiores y 02 escaleras de acceso al sótano de estacionamientos.

### **Estacionamientos**

El total de estacionamientos requeridos, según la ORDENANZA N°024-00C/MPP es de 30 estacionamientos y en el proyecto se construyó 30 parqueos. Además, se previó instalar una red de rociadores contra incendios, sistemas de seguridad y de extracción de gases en el área de estacionamiento en sótanos

### Habitaciones

Tal como la proyección, se construyó 6 pisos con 118 habitaciones en total. Se diseñó las áreas contemplando ventajas como:

La geometría ortogonal de la planta, y la ubicación de columnas, de manera que proporcionen flexibilidad al aprovechamiento del área al interior de cada habitación.

La altura de piso a techo dentro de las habitaciones es de 3.15 m del Piso 2° al Piso 6°, mientras que en el Piso 7° es de 3.00 m.

**Tabla 2.4 Cuadro de áreas**

CUADRO DE AREAS (m2)	
NIVEL	AREA TECHADA
SOTANO	1068.67 m2
1° PISO	825.09 m2
2° PISO	783.36 m2
3° PISO	783.36 m2
4° PISO	783.36 m2
5° PISO	783.36 m2
6° PISO	783.36 m2
7° PISO	783.36 m2
AZOTEA	127.18 m2
TOTAL	6721.10 m2
AREA DE TERRENO	1348.11 m2
AREA LIBRE	512.83 m2
AREA OCUPADA	1348.11 m2

Fuente: (HV contratistas S.A, 2018)

### Estructuras y aislamiento

Se construyó todos los elementos estructurales de concreto armado, con losas y vigas formando pórticos. Y se previó un aislamiento anti-inflamable con resistencia al fuego, cumpliendo así con las normas dictadas al respecto por el Cuerpo General de Bomberos del Perú.

### Dotación de servicios

La Dotación de servicios para las áreas comerciales se calculó según el art.22 de la norma A.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones:

**Artículo 22.-** Los locales de expendio de comidas y bebidas (Restaurante, cafetería), locales para eventos y salones de baile, bares, discotecas y pubs, estarán provistos de servicios sanitarios para empleados, considerando 10 m<sup>2</sup> por persona, según lo que se establece a continuación.



**Tabla 2.5: Dotación sanitarios**

Número de empleados	Hombres	Mujeres
de 1 a 5 empleados	1L,1u,1l	
de 6 a 20 empleados	1L,1u,1l	1L,1l
de 21 a 60 empleados	2L,2u,2l	2L,2l
de 61 a 150 empleados	3L,3u,3l	3L,3l
Por cada 100 empleados adicionales	1L,1u,1l	1L,1l

Fuente: Norma A.0.70 Art.22 -RNE

PROYECTO: 43 empleados 2L, 2U, 2 l / 2L, 2l

L: lavatorio

u: urinario

l: Inodoro

Adicionalmente a los servicios sanitarios para los empleados se proveerán servicios sanitarios para el público, en base al cálculo del número de ocupantes según el artículo 8° de ésta norma, conforme lo siguiente:

**Tabla 2.6: Dotación Servicios públicos**

Número de Personas	Hombres	Mujeres
de 1 a 16 personas(público)	no requiere	
de 17 a 50 personas(público)	1L,1u,1l	1L,1l
de 51 a 100 personas(público)	2L,2u,2l	2L,2l
Por cada 150 personas adicionales	1L,1u,1l	1L,1l

Fuente: Norma A.0.70 Art.22 -RNE

PROYECTO: 96 personas 2L, 2u, 2l / 2L, 2l

También se cumplió con la dotación de servicios higiénicos para personas con discapacidad, solicitados en el Art. 29 de la Norma A. 070 del RNE.

Para verificar el cálculo de aforo ver cuadro de áreas por ambientes

### **Equipamiento**

#### **Ascensores**

Se instaló 02 ascensores para huéspedes y 01 ascensor de servicio, que recorren el edificio verticalmente, con acabados en acero inoxidable y cuya velocidad y capacidad se determinó según los parámetros de cálculo de tráfico.

#### **Aire Acondicionado**

Se previó instalar unidades independientes de aire acondicionado con equipos en cada habitación y condensadores acondicionados en el techo de la torre.

#### **Equipos de Extracción de CO en estacionamientos**

Se instaló en los sótanos equipos de extracción de CO para evacuar los gases de acuerdo a las normas de seguridad.

### **Equipos de Presurización**

Se instaló un sistema de presurización para todas las escaleras de escape. El diseño contempló equipos en todas las escaleras, según se indica en los planos de Arquitectura.

Se instaló equipos en la azotea de manera que puedan inyectar aire hacia este espacio de circulación vertical, según las normas del Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú (CGBVP). El espacio cumple con los requerimientos necesarios de presión para evacuar en caso de un siniestro.

### **Sistema de Seguridad**

Se previó que el edificio cuente con un centro de control para vigilar los accesos, comportamiento de los equipos electromecánicos y controlar las funciones de seguridad contra incendio del edificio en general.

Además, se previó que el sistema permita la ampliación de controles y sub sistemas en el futuro para abarcar parte de los servicios particulares de seguridad por pisos y otras funciones de servicios generales.

Se cubrió las siguientes áreas:

Control de Accesos en los ingresos principales

Circuito cerrado de televisión (CCTV) en espacios de ingreso exterior, hall de ingreso y áreas comunes. Este sistema permite supervisar todas las áreas comunes del edificio.

Se ubicó las estaciones manuales de alarma según el proyecto de seguridad.

Se instaló en todas las habitaciones detectores de humo que funcionan sobre la base de una detección continua y repetitiva de humo y calor; al producirse una situación de emergencia, se activará una alarma en el tablero de control.

### **Acabados**

Se instaló acabados de primera calidad en todo el edificio.

Se instaló puertas de cristal templado incoloro en las entradas principales en el primer piso, con sistema de chapa eléctrica. Además, todas las puertas interiores de escaleras son contrafuego metálicas con cierra-puertas automático y barra anti-pánico.

Se instaló ventanas posteriores y mamparas de cristal.

### **Acabados en áreas de estacionamiento en sótanos**

Los pisos del estacionamiento son de concreto frotachado, muros y placas solaqueadas. Además se previó que cuente con señalización en pintura de tráfico.

### **Altura máxima**

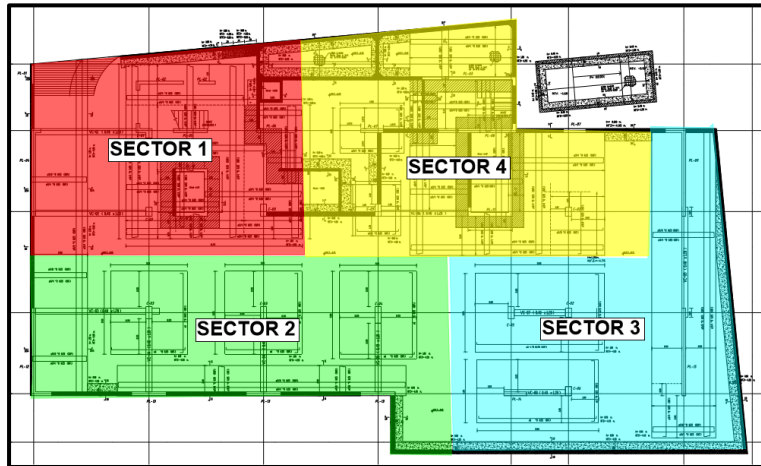
El proyecto de acuerdo a la zonificación comercio metropolitano (CM) y según el Certificado de Parámetros urbanísticos se desarrolló hasta lograr una altura equivalente a  $1.5(a+r)$  donde, “a” es el ancho de vía (se incluye berma lateral y vereda) y “r” es la suma de los retiros municipales exigidos. Aplicando esta fórmula se pudo proyectar hasta una altura máxima de 65.32 m. y el proyecto se construyó hasta 25.10m.

## **2.4.3 Plan maestro Hotel Holiday Inn**

El plan maestro es el nivel más alto del sistema de planificación, en el cual se analizan las actividades de forma muy general, esta planificación se realiza por hitos. Está dedicado a articular las actividades, así como ver su duración y secuencia dentro del proyecto completo.

Debido a lo extensa que es la programación maestra se mostrará solo algunas partes de los primeros meses que corresponden a trabajos preliminares y programación para el cumplimiento del **HITO N°02-CULMINACION DE ESTRUCTURAS VACIADAS** (Incluye caja de ascensor habilitado para instalación, limpieza y habilitación del ducto para el proveedor. El resto de la estructura permanecerá encofrada hasta que el concreto adquiera su resistencia)

**Área: sótano**



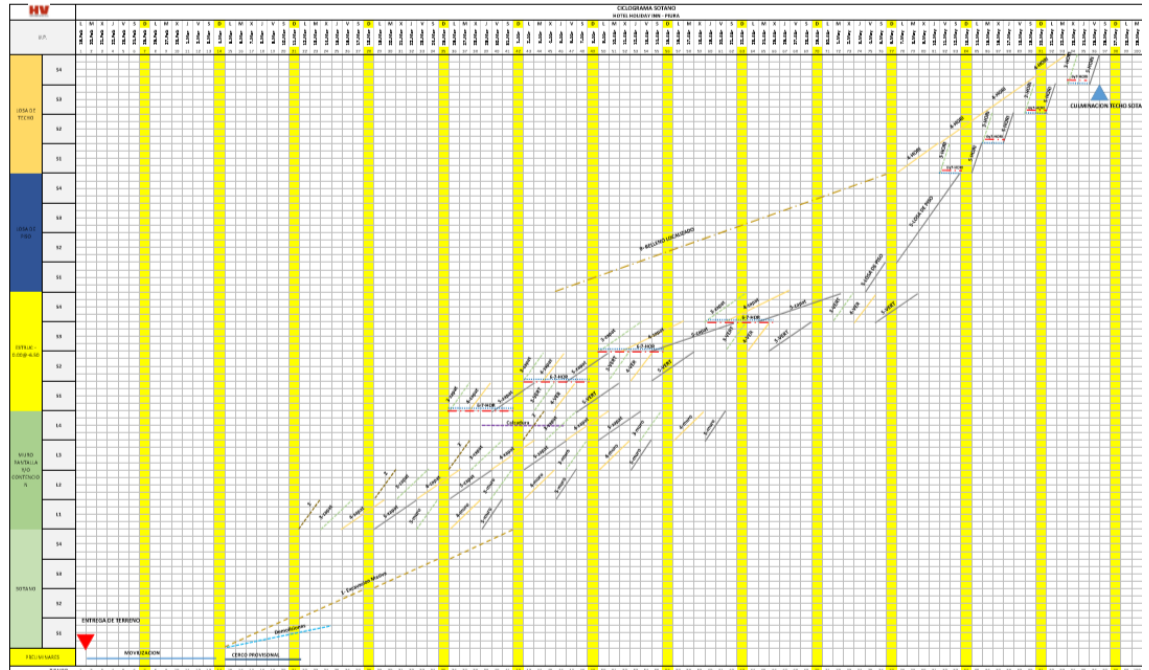
**Ilustración 2.16 Sectorización para trabajos de excavación**

Fuente: (HV contratistas S.A, 2018)



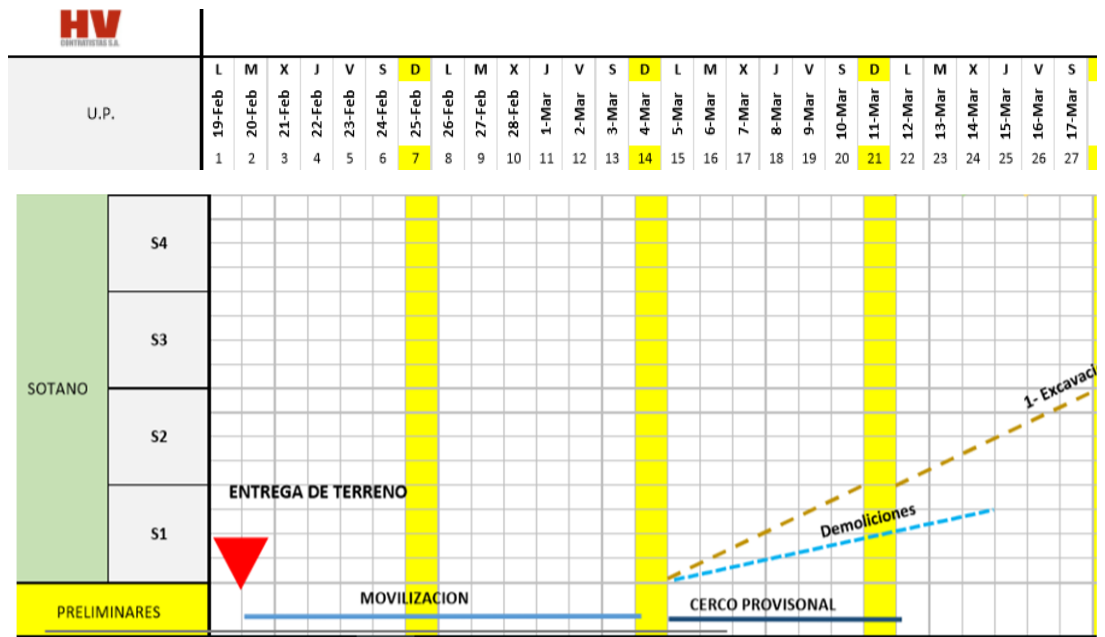
**Ilustración 2.17 Sectorización para trabajos generales en sótano**

Fuente: (HV contratistas S.A, 2018)



**Ilustración 2.18 Planificación maestra para trabajos de excavación y generales en sótano.**

Fuente: (HV contratistas S.A, 2018)



**Ilustración 2.19. Primeras 4 semanas correspondientes a la planificación maestra**

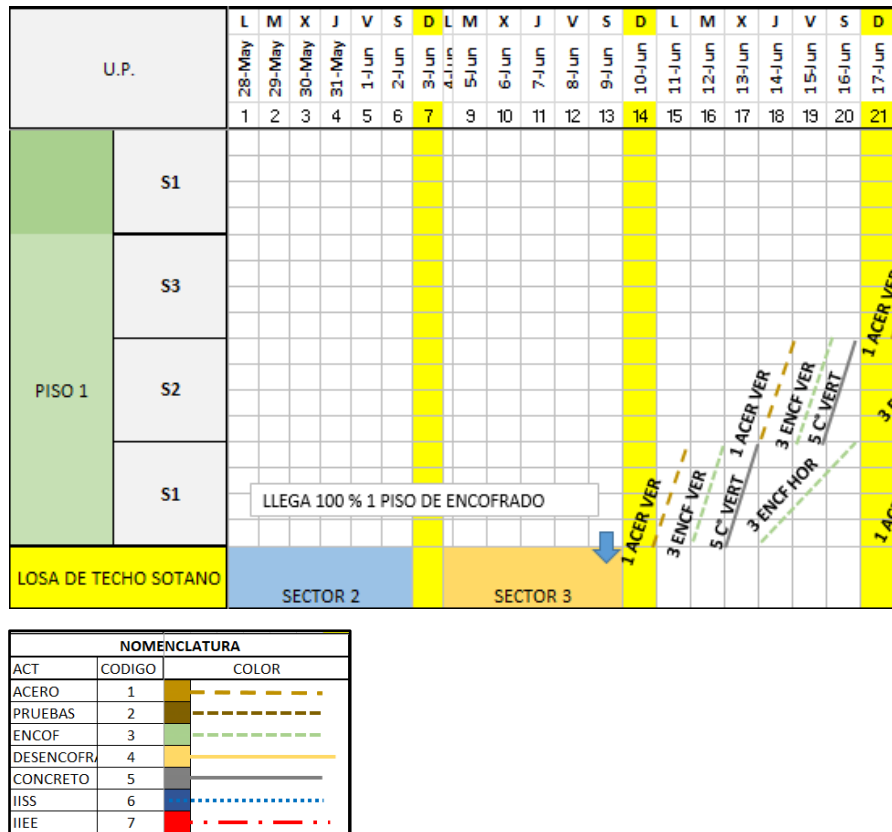
Fuente: (HV contratistas S.A, 2018)

En la ilustración 2.19 se puede observar las primeras cuatro semanas del 19 de febrero al 17 de marzo del año 2018.

En la primera semana se tiene entrega de terreno y movilización.

En la segunda semana se tiene solo movilización





**Ilustración 2.22: primeras 3 semanas correspondientes a la programación para cumplimiento del hito N°02**

Fuente: (HV contratistas S.A, 2018)

Se observan las primeras 3 semanas que corresponden a la programación del hito N°02 (del 28 de mayo al 17 de Junio del año 2018)

Solo se muestra una parte de la programación del hito N02 por ser la programación maestra muy extensa

En las primeras 2 semanas se deben llegar al 100% con respecto a la ejecución de las losas de techo del sótano.

En la tercera semana se observa en los 3 sectores colocación de acero encofrado de verticales, colocación de concreto, etc. (Ver nomenclatura)

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

Las herramientas de gestión aplicadas en la ejecución del proyecto HOTEL HOLIDAY INN controlan productividad, costo y tiempo.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

El método del valor ganado mide desempeño y estado del proyecto.

El ciclograma y last planner system controlan cronograma y cumplimiento de actividades programadas.

El ISP (informe semanal de productividad) compara nivel de productividad de partidas específicas de acuerdo a rendimiento de presupuesto

Las cartas balance y nivel general de actividades optimizan los recursos, procesos constructivos y además cuantifican la ocupación del tiempo y porcentaje de productividad a nivel general de obra y por cuadrillas específicas.

### **III. MARCO METODOLOGICO**

#### **3.1 Enfoque y diseño**

Se ha clasificado nuestra investigación como cuantitativa ya que es una forma estructurada de recopilar y analizar datos obtenidos en este caso de campo e implica el uso de herramientas informáticas, estadísticas, y matemáticas para obtener resultados.

La presente investigación es de tipo experimental porque nos permite obtener resultados de producción, costos y ejecución en plazo luego de la aplicación de algunas herramientas de gestión basadas en lean construction(cartas balance, nivel general de obra, last planner system), ciclograma y del Project management Institute (gestión del valor ganado).

Contiene las características de una investigación de tipo descriptiva, dado que el estudio se enfoca en el análisis y medición de variables con el fin de determinar cómo se manifiestan y así poder definir los tiempos muertos, tiempos que agregan valor y la productividad de la Obra a nivel general o partidas específicas.

Además, es prospectivo, ya que se debe recolectar datos y realizar las mediciones. Por ejemplo, los tiempos de los operarios al realizar las diferentes actividades. Este trabajo se basa en una investigación analítica-aplicada.

#### **3.2 Sujetos de la investigación**

El estudio comprende la aplicación de herramientas de control en gestión de obra en la edificación: Hotel Holiday Inn ejecutado en la ciudad de Piura, en el cual se medirán los tiempos productivos e improductivos que aportan los trabajadores de construcción y su impacto a nivel de costo y tiempo para las diferentes partidas como es tarrajeo en fachada, colocación de drywall y a nivel general de obra, destacando así la importancia de la aplicación de nuestras herramientas para la toma de decisiones y mejora de la productividad.

#### **3.3 Métodos y procedimientos**

Se utilizaron los métodos de Carta balance y nivel general de actividades, métodos que se basan en la filosofía lean construction para poder identificar el porcentaje de trabajo no productivo en toda la obra y así cuantificar la ocupación del tiempo, así mismo dentro de la filosofía se tienen métodos como el last planner, lookahead, programación diaria (pizarras), ciclogramas, utilizados para el cumplimiento de actividades programadas. Método de ISP (informe semanal de productividad) para determinar nivel de productividad de cuadrillas específicas de acuerdo a rendimiento de presupuesto y por último el método del valor ganado para la gestión del costo y tiempo.

### **3.3.1 Procedimiento para elaborar una carta balance**

- Se realiza desde un punto fijo donde se visualice la actividad entera en ejecución.
- El tipo de trabajo dentro de cada actividad se define previo al inicio de la medición (Trabajo productivo, Contributivo y No Contributivo).

Tomamos como ejemplo la partida de tarrajeo en fachada

En donde se tiene las actividades a realizar en el procedimiento, clasificadas de la siguiente manera y con su numeración respectiva:

#### **Trabajo productivo:**

1. Aplicar mezcla
2. Reglear
3. Alisar tarrajeo
4. Bruñado

#### **Trabajo Contributivo:**

5. Nivel
6. Preparación de mezcla
7. Limpieza
8. Transporte de material

#### **Trabajo no contributivo:**

9. Viajes
10. Esperas
11. Descansos

- Se asigna el tipo de trabajo que se encuentre realizando cada obrero en el momento de la medición, se coloca en el formato el número de la actividad que le corresponda.
- Cada medición que se toma tiene una duración de un minuto de todos los trabajadores en simultáneo hasta completar la operación y/o parte de la misma, por ejemplo:

Los operarios **A, B y C** durante la ejecución de la partida de tarrajeo en fachada, están realizando la actividad de aplicación de mezcla de mortero, la cual es un trabajo productivo y le corresponde el número “1” (Ver Ilustración 3.1) y así sucesivamente se colocan las actividades realizadas por los distintos trabajadores.



**Cuadro 3.1: Mediciones en carta balance**

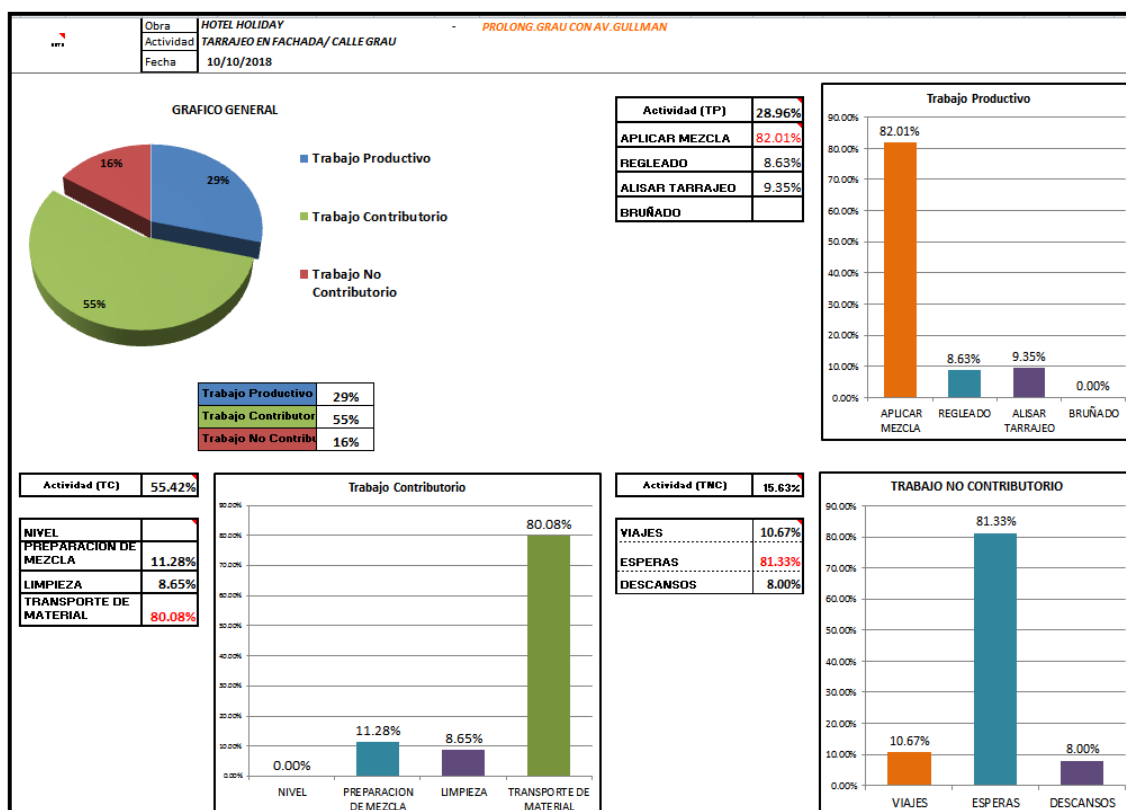
	Operario		Oficial	Ayudante	Ayudante	Ayudante	Ayudante	Ayudante	Tiempo Promedio	Obra	Actividad	Fecha
	A	B	C	D	E	F	G	H	(min)			
1	1	1	1	8	8	8	8	8	1.00	HOTEL HOLIDAY	TARRAJEO EN FACHADA/ O	10/10/2018
2	1	1	1	8	8	8	8	8	1.00			
3	1	1	1	8	8	8	8	8	1.00			
4	10	1	1	8	8	8	8	8	1.00			
5	1	1	1	8	8	8	8	8	1.00			
6	1	1	6	8	8	8	8	10	1.00			
7	1	1	6	8	8	8	7	10	1.00			
8	1	10	6	8	8	8	7	10	1.00			
9	1	1	6	8	8	8	7	10	1.00			
10	1	1	1	8	8	7	9	10	1.00			
11	1	1	1	8	10	7	8	10	1.00			
12	1	1	2	8	10	7	8	10	1.00	Trabajo Productivo	1	APLICAR MEZCLA
13	1	2	2	8	10	7	8	10	1.00		2	REGLEADO
14	10	2	2	8	10	7	8	8	1.00		3	ALISAR TARRAJEO
15	10	2	1	8	10	7	8	8	1.00		4	BRUÑADO
16	10	2	1	8	8	8	8	8	1.00			
17	1	1	1	8	8	8	8	8	1.00			
18	1	1	3	8	8	8	8	8	1.00			
19	1	6	3	8	8	8	8	8	1.00			
20	1	6	3	8	8	8	8	8	1.00			
21	1	6	3	10	8	8	8	8	1.00	Trabajo Contributorio	5	NIVEL
22	1	6	1	10	8	9	8	10	1.00		6	PREPARACION DE MEZCLA
23	11	6	10	8	8	9	8	10	1.00		7	LIMPIEZA
24	2	1	1	10	8	8	8	11	1.00		8	TRANSPORTE DE MATERIAL
25	2	1	1	10	8	8	8	8	1.00			
26	1	1	1	11	8	8	8	8	1.00			
27	1	1	1	10	8	8	8	8	1.00			
28	1	1	6	10	8	8	8	8	1.00			
29	6	1	6	8	8	8	8	8	1.00			
30	6	1	6	8	8	8	9	8	1.00	Trabajo No Contributorio	9	VIAJES
31	6	1	1	8	8	8	9	10	1.00		10	ESPERAS
32	6	1	1	8	8	8	8	10	1.00		11	DESCANSOS
33	1	1	1	8	8	8	8	10	1.00			

En este caso se ha tomado la medición por un lapso de 60 minutos o sea tendremos un total de 60 mediciones.

El formato en Excel, del cuadro 3.2 se muestra el total de 60 minutos por trabajador. Los cuales están clasificados según actividad realizada y por último la sumatoria de los minutos en total utilizados por todos los trabajadores para cada actividad.

**Cuadro 3.2: Clasificación del tiempo en carta balance**

55	1	10	1	8	10	9	8	10	1.00			
56	1	1	2	8	10	7	8	10	1.00			
57	1	3	2	8	8	7	7	8	1.00			
58	10	3	2	8	8	8	7	8	1.00			
59	1	3	1	10	8	8	8	8	1.00			
60	1	3	1	8	8	8	8	8	1.00			
1	39.00	37.00	38.00							114.00	1	APLICAR MEZCLA
2	2.00	4.00	6.00							12.00	2	REGLEADO
3	5.00	4.00	4.00							13.00	3	ALISAR TARRAJEO
4											4	BRUÑADO
5											5	NIVEL
6	8.00	12.00	10.00							30.00	6	PREPARACION DE MEZCLA
7						14.00	9.00			23.00	7	LIMPIEZA
8				41.00	50.00	42.00	47.00	33.00		213.00	8	TRANSPORTE DE MATERIAL
9						4.00	4.00			8.00	9	VIAJES
10	5.00	3.00	2.00	17.00	10.00			24.00		61.00	10	ESPERAS
11	1.00			2.00				3.00		6.00	11	DESCANSOS
	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00		480.00		

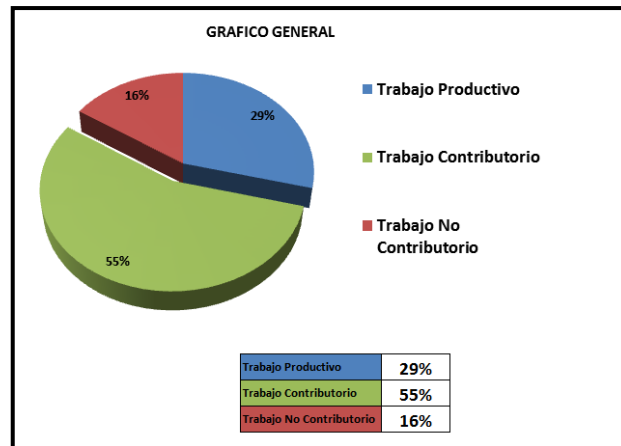


**Gráfico 3.1: Incidencias y porcentajes de trabajo en carta balance**

En el Grafico 3.1 se muestra el porcentaje de tiempo de cada actividad que conforman el trabajo productivo, contributivo y no contributivo desde la más incidente al menos incidente y además se muestra el porcentaje del tiempo utilizado en total para cada actividad, en el ejemplo se tiene que para el total de 60 minutos se obtuvo:

El 82.01% del total del trabajo productivo se ha realizado la actividad de aplicación de mezcla, el 8.63% corresponde a regleado durante el tarrajeo, el 9.35% para alisar tarrajeo.

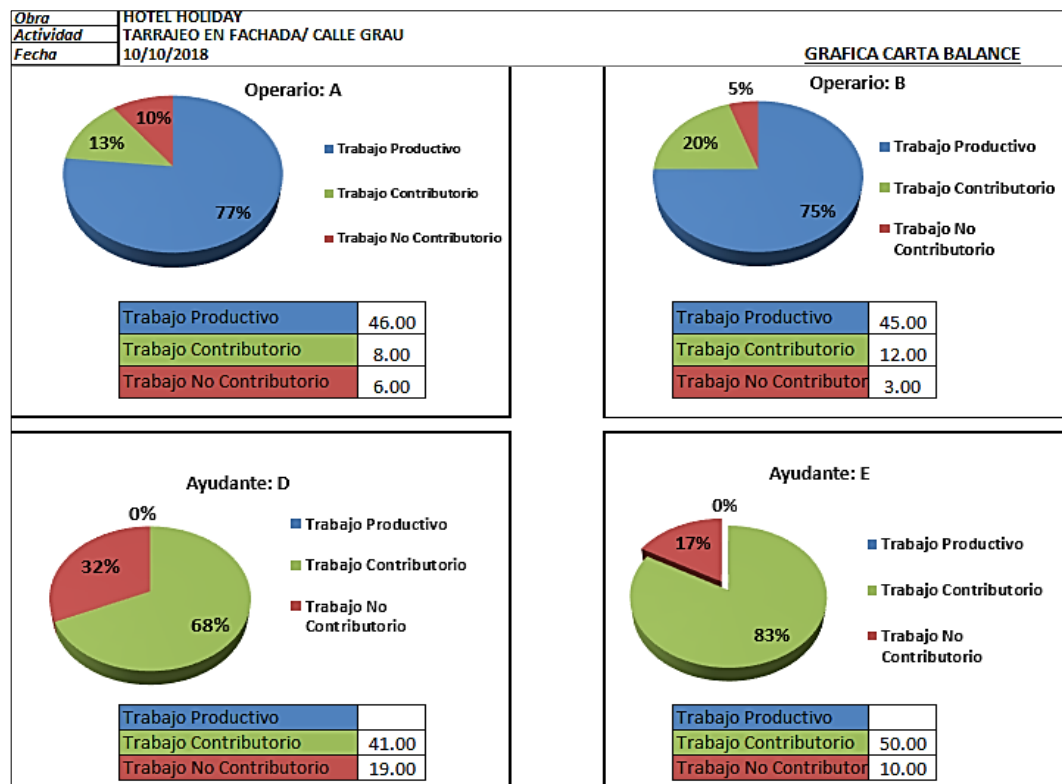
Del tiempo total (60 min) se obtuvo que el 28.96% es trabajo productivo o sea trabajo que aporta de forma directa a la producción y 15.63% es trabajo no contributivo es decir trabajo que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida y 55.42 % se obtuvo en trabajo contributivo; que corresponde al trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo.



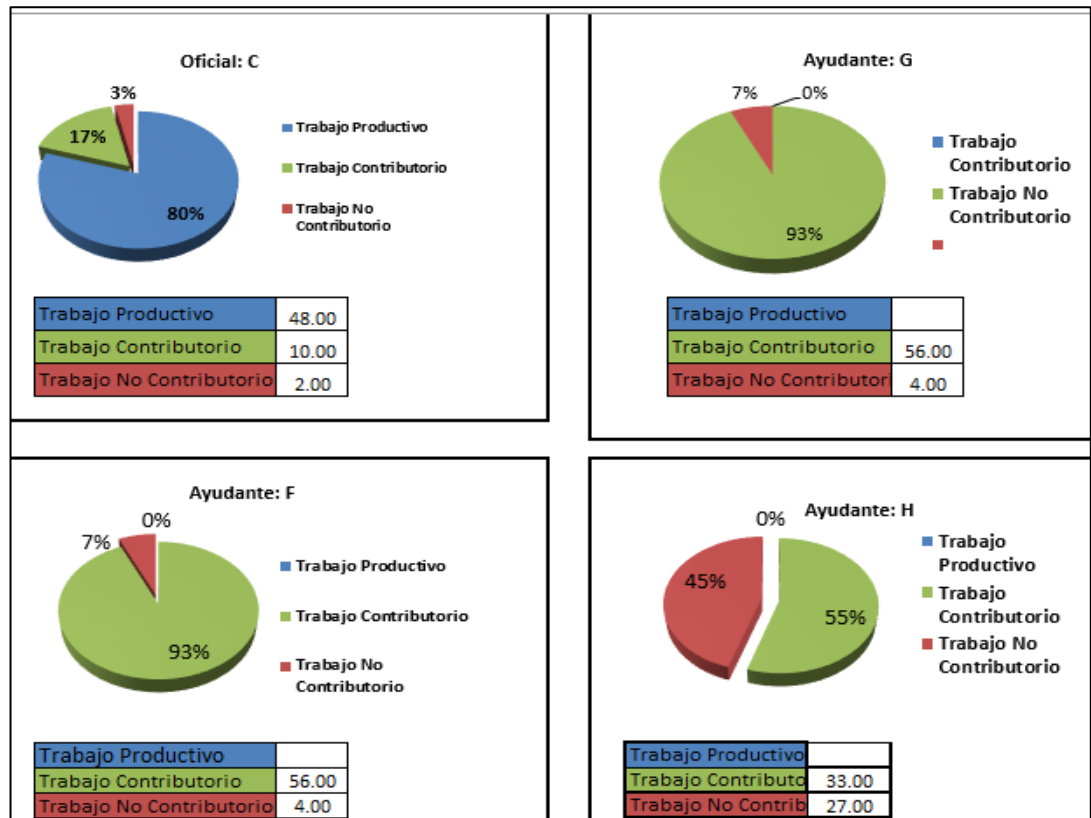
**Gráfico 3.2: Grafico general de la ocupación del tiempo en carta balance**

Se muestra un gráfico que indica porcentajes a nivel global de la ocupación del tiempo en la actividad de tarrajeo de fachada obteniendo así:

- Trabajo productivo : 29%
- Trabajo Contributorio : 55%
- Trabajo no contributorio: 16%



**Gráfico 3.3 : Productividad detallada por trabajador**



**Gráfico 3.4 : Productividad detallada por trabajador (continuación)**

Se tienen gráficas más detalladas para cada trabajador donde se muestra la ocupación del tiempo en la actividad de tarrajeo en fachada, en donde se puede observar que el “Operario A” ha obtenido 77% de trabajo productivo que en minutos representa 46 minutos (del total de 60 minutos) que ha dedicado a realizar actividades que aportan valor directamente a la productividad, también 13% de trabajo contributivo (8 minutos) y por ultimo 10% de trabajo no contributivo (6 minutos).

Ratio encontrado para la partida:

Rendimiento Presupuesto: **1.28 hh/m2**

- Cuadrilla =18 personas
- Actividad Realizada(tiempo en Hrs) = 9.5 horas
- Area Tarrajeada = 61.00 m2

\*RESULTADO EN CAMPO

$$(18 \times 9.5) / 61 = \mathbf{2.80 \text{ hh/m}^2}$$

## Clasificación del nivel de productividad

**Tabla 3.1 Clasificación del nivel de productividad**

CLASIFICACION	DESCRIPCION	PORCENTAJE DE TP
<b>NIVEL A</b>	Cero grasa. Grasa interna y superficial eliminada	TP>50%
<b>NIVEL B</b>	Solo grasa interna, grasa superficial eliminada	40% <TP>50%
<b>NIVEL C</b>	Grasa superficial alta. Grasa interna dentro del proceso evaluado	TP<40%

Fuente: (Ghio Castillo, 2001)

- Empresas con TP en 20% - 30%, presentan alto nivel de “grasa superficial” (sobre dotación de cuadrilla)
- Fácilmente se eleva al rango de 40% eliminando la sobre dotación general de cuadrillas productivas
- Empresas con un TP del orden de 40% tienen que lidiar con lo llamado “grasa interna” la cual puede ser minimizada y hasta eliminada para llegar a niveles del 50% - 60% Labor más compleja, trabajar en la “constructabilidad”

### 3.3.2 Procedimiento para elaborar el nivel general de actividades:

El procedimiento consiste en recorrer la Obra en su totalidad o estar en algún Punto estático con 100% de visualización en los cuales se pueda observar y anotar la actividad que realiza cada obrero para tener un valor representativo de la Productividad, hasta completar las 400 mediciones. Las mediciones se realizan durante tres días a más y a distintas horas.

Cada actividad es clasificada según su aporte a la Obra, teniendo así: Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (T.C) y Trabajo no contributorio (T.N.C)

**Tabla 3.2: Clasificación de actividades**

<b>Trabajo Productivo (TP)</b>	Trabajo que aporta de forma directa a la producción.
<b>Trabajo Contributorio (TC):</b>	Trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Actividad aparentemente necesaria, pero que no aporta valor.
<b>Trabajo no contributorio (TNC):</b>	Trabajo que no genera valor y no contribuye a otra actividad; por lo tanto, se considera como actividad de pérdida.

Las mediciones para este ejemplo han sido tomadas durante 3 días consecutivos, se han tomado 400 mediciones en un lapso de 2 horas, lo que resultan 3 mediciones por minuto. Las actividades las tenemos clasificadas de la siguiente manera:

**Tabla 3.3: Clasificación detallada de las actividades**

	<b>TP</b>
TP	Montaje y soldadura
	<b>TC</b>
T	Transporte
A	Andamio
L	Limpieza
I	Recibir/dar instrucciones
M	Mediciones
X	Otros
	<b>TNC</b>
V	Viajes
N	Tiempo ocioso
E	Esperas
D	Descanso
B	Necesidades fisiológicas
R	Trabajo rehecho
Y	Otros

Tabla 3.4 : tabla de mediciones en nivel general de obra

n.º	TP	TC					TNC					OBS.			
		T	A	L	I	M	X	V	N	E	D		B	R	Y
201															
202															
203															
204															
205															
206															
207															
208															
209															
210															
211															
212															
213															
214															
215															
216															
217															
218															
219															
220															
221															
222															
223															
224															
225															
226															
227															
228															
229															
230															
231															
232															
233															
234															
235															
236															
237															
238															
239															
240															
241															
242															
243															
244															
245															
246															
247															
248															
249															
250															
251															
252															
253															
254															
255															
256															
257															
258															
259															
260															
261															
262															
263															

n.º	TP	TC					TNC					OBS.			
		T	A	L	I	M	X	V	N	E	D		B	R	Y
301															
302															
303															
304															
305															
306															
307															
308															
309															
310															
311															
312															
313															
314															
315															
316															
317															
318															
319															
320															
321															
322															
323															
324															
325															
326															
327															
328															
329															
330															
331															
332															
333															
334															
335															
336															
337															
338															
339															
340															
341															
342															
343															
344															
345															
346															
347															
348															
349															
350															
351															
352															
353															
354															
355															
356															
357															
358															
359															
360															
361															
362															
363															

[illegible]

**Resultados obtenidos en muestra N°01:**  
**Tabla 3.5 : Tabla de mediciones muestra 1**

44



**Resultados obtenidos en muestra N°02**

**Tabla 3.6 : Tabla de mediciones muestra 2**

<b>Muestra : M-2</b>		
<b>Resumen de las mediciones</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Puntos de medición</b>	<b>% de medición</b>
<b>TP</b> Excavación, encofrado, perfilado, colocación de acero, etc	<b>201</b>  201	<b>50.3%</b>  50.3%
<b>TC</b>	<b>141</b>	<b>35.3%</b>
T Transporte	90	22.5%
A Andamio	16	4.0%
L Limpieza	3	0.8%
I Recibir/dar instrucciones	4	1.0%
M Mediciones	15	3.8%
X Otros	13	3.3%
<b>TNC</b>	<b>58</b>	<b>14.5%</b>
V Viajes	31	7.8%
N Tiempo ocioso	2	0.5%
E Esperas	22	5.5%
D Descanso	0	0.0%
B Necesidades fisiológicas	3	0.8%
R Trabajo rehecho	0	0.0%
Y Otros	0	0.0%
Trabajo productivo	<b>201</b>	50%
Trabajo contributivo	<b>141</b>	35%
Trabajo no contributivo	<b>58</b>	15%
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	

### Resultados obtenidos en muestra N°03

**Tabla 3.7 : Tabla de mediciones muestra 3**

<b>Muestra : M-3</b>		
<b>Resumen de las mediciones</b>		
<b>Actividad</b>	<b>Puntos de medición</b>	<b>% de medición</b>
<b>TP</b>	<b>208</b>	<b>52.0%</b>
Montaje y soldadura	208	52.0%
<b>TC</b>	<b>140</b>	<b>35.0%</b>
T Transporte	69	17.3%
A Andamio	22	5.5%
L Limpieza	25	6.3%
I Recibir/dar instrucciones	8	2.0%
M Mediciones	12	3.0%
X Otros	4	1.0%
<b>TNC</b>	<b>52</b>	<b>13.0%</b>
V Viajes	37	9.3%
N Tiempo ocioso	4	1.0%
E Esperas	6	1.5%
D Descanso	2	0.5%
B Necesidades fisiológicas	3	0.8%
R Trabajo rehecho	0	0.0%
Y Otros	0	0.0%
Trabajo productivo	<b>208</b>	52%
Trabajo contributivo	<b>140</b>	35%
Trabajo no contributivo	<b>52</b>	13%
<b>TOTAL</b>	<b>400</b>	

Luego de ver detalladamente la cantidad y porcentajes de puntos de medición para los 3 tipos de actividades elaboramos un resumen de los 3 días con las mediciones antes mostradas

Tabla 3.8 : Resumen de las mediciones

### Resumen de las mediciones

			M1		M2		M3	
			Zona:Gral. 11-06		Zona:Gral. 13-06		Zona:Gral. 15-06	
	DESCRIPCIÓN	CODIGO	% PARCIAL	% TOTAL	% PARCIAL	% TOTAL	% PARCIAL	% TOTAL
TP	Excavacion, Perfilado, Acero, Encofrado y Concreto.	P	45.5%	45.5%	50.3%	50.3%	52.0%	52.0%
TC	Transporte	T	26.5%	43.5%	22.5%	35.3%	17.3%	35.0%
	Andamio	A	6.0%		4.0%		5.5%	
	Limpieza	L	1.8%		0.8%		6.3%	
	Recibir/dar instrucciones	I	2.5%		1.0%		2.0%	
	Mediciones	M	6.0%		3.8%		3.0%	
	Otros	X	0.8%		3.3%		1.0%	
TNC	Viajes	V	6.3%	11.0%	7.8%	14.5%	9.3%	13.0%
	Tiempo ocioso	N	0.3%		0.5%		1.0%	
	Esperas	E	4.5%		5.5%		1.5%	
	Descanso	D	0.0%		0.0%		0.5%	
	Necesidades fisiológicas	B	0.0%		0.8%		0.8%	
	Trabajo rehecho	R	0.0%		0.0%		0.0%	
	Otros	Y	0.0%		0.0%		0.0%	

	11/06/2018	13/06/2018	15/06/2018
Trabajo productivo	45.5%	50.3%	52.0%
Trabajo contributorio	43.5%	35.3%	35.0%
Trabajo no contributorio	11.0%	14.5%	13.0%

RESUMEN	TP	TC	TNC
Valores Promedio	49%	38%	13%

En la muestra 1 tomada el día 11 de junio se obtuvo 45.5% de Trabajo productivo, 43.5% de trabajo contributorio y 11% de trabajo no contributorio y así sucesivamente para las muestras de los siguientes días como se puede observar en tabla 3.8

Se observa también el resumen de trabajo de los tres días (Ver valores promedios en grafico 3.5)

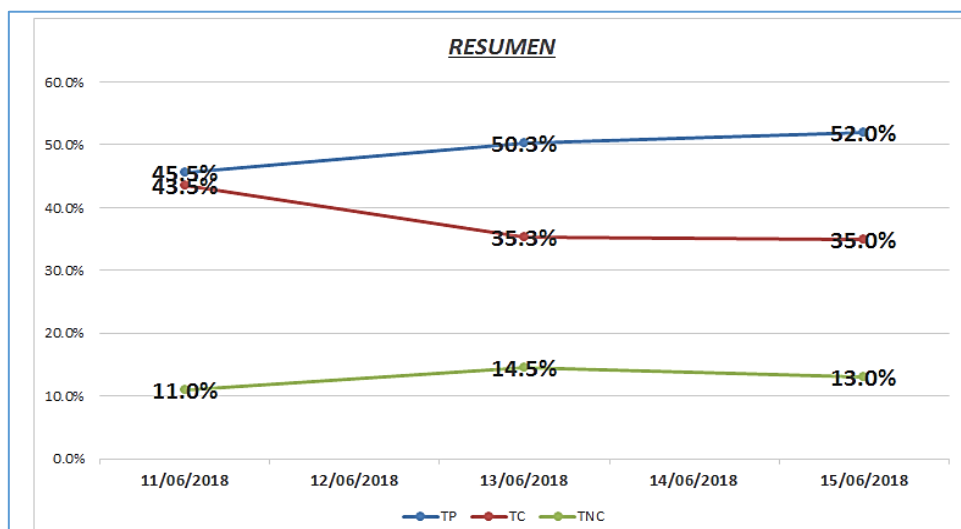
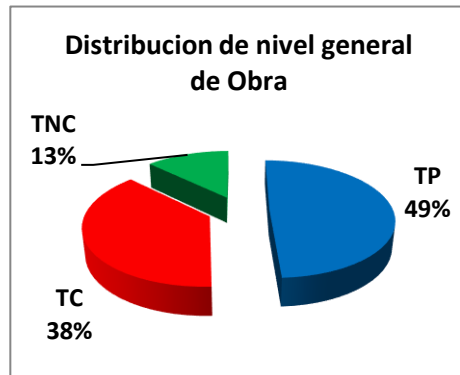


Gráfico 3.5: Resumen de mediciones

Luego se elabora el informe final con el resultado promedio de las tres mediciones de lo cual concluimos:

## INFORME FINAL



**Gráfico 3.6 : Resumen nivel general de obra**

Se concluye que en la jornada que consta de 8.5 horas normalmente: 4.2 horas realizan trabajo productivo, 3.2 horas realizan trabajo contributorio y 1.1 horas corresponde a tiempo ocioso.

El trabajo productivo es de un promedio de 49% de las tres muestras tomadas en campo los días 11,13 y 15 de Junio respectivamente.

Sobre el trabajo contributorio, el mayor porcentaje de tiempo corresponde a la actividad de transportar objetos manualmente durante el proceso de construcción. La reducción de esta actividad influirá en el resultado de los trabajos planificados, ya que el tiempo es uno de los principales recursos cuyo uso es necesario para optimizar y aumentar la productividad.

Sobre el trabajo no contributorio, los más resaltantes son los viajes y esperas del personal. Los viajes con 7.8% debido a que el personal se traslada sin transportar nada en manos y también para llegar de un punto a otro, así mismo las esperas con 3.8% debido a que el personal depende que le habiliten el material o herramientas necesarias para seguir con sus actividades. La reducción de estas dos actividades no contributorias se verá reflejada en una mejor productividad de la obra.

En promedio el 51% de las actividades es considerado trabajo contributorio y trabajo no contributorio.

### RECOMENDACIONES:

A pesar de que según los resultados que se obtuvieron, el estudio se encuentre dentro de la clasificación: “**Nivel B**”, se recomienda tener los materiales y equipos a pie de obra ya que es esto lo que genera trabajo contributorio y no contributorio que es transporte de material y que se desplacen a largas distancias para traer material y/o herramientas (viajes). La reducción de esto influirá en el aumento del trabajo Productivo.

**Dato:** Las mediciones se han tomado en condiciones normales, es decir a parte de la buena coordinación y el transporte de materiales se ha realizado no solo con ayuda de los operarios, se ha hecho uso de la grúa torre.

### 3.3.3 Procedimiento para elaborar informe semanal de producción (ISP)

Es posible determinar un patrón de comparación entre lo que debería ser el proyecto según lo programado y lo que va resultando a medida que éste se va desarrollando.

Mediante este Control medimos el avance realizado de dicha partida para poder cuantificar la ganancia y/o pérdida de HH y mediante algún plan estratégico lograr una mejora en la eficiencia de las actividades controladas.

Para elaborar nuestro ISP debemos tener el avance que se realiza diario (acumularlo a 1 semana) en la partida a controlar (m2, ml, m3, etc.) para nuestro ejemplo tenemos la partida de: Colocación de drywall en habitación.

#### PASO 1

Se ha calculado para nuestro índice de productividad semanal del presupuesto:

40 personas, trabajando por 8 semanas, 48 horas semanales para producir un total de 5676.50 m2 de drywall obteniendo así nuestro rendimiento:

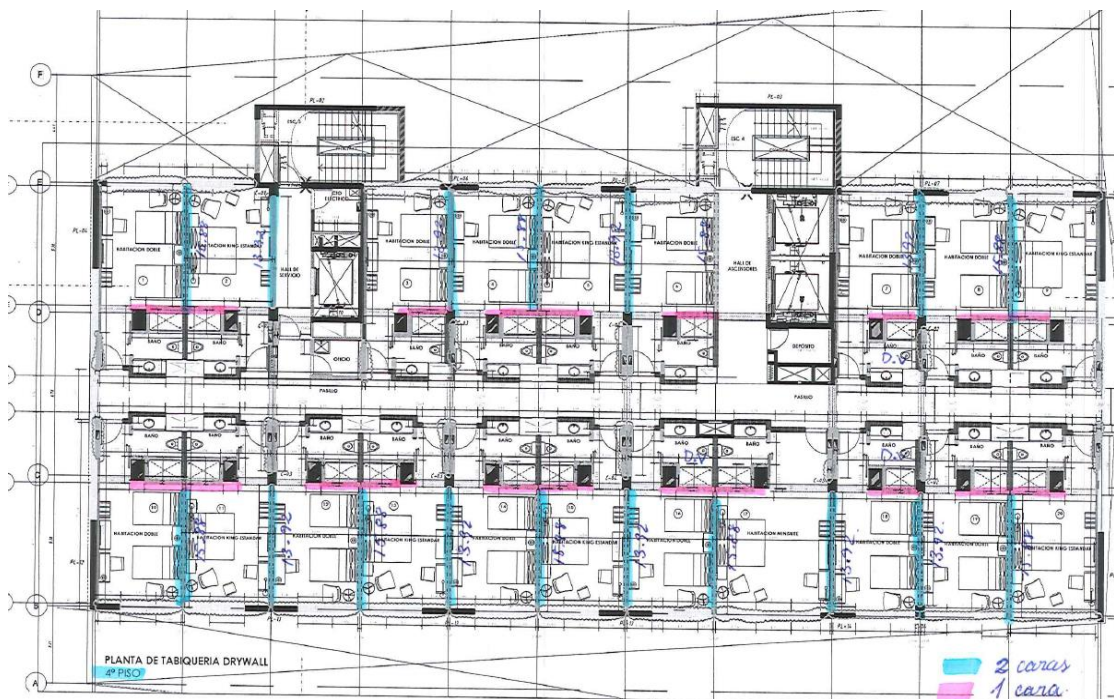
$$40 \times 8 \times 48 / 5676.50 = 2.7 \text{ hh/m}^2$$

#### PASO 2

Revisamos en campo durante y al final de la jornada el avance y así lo acumulamos durante 1 semana, lo cual se puede observar en nuestro mapeo, en el cual se muestra lo que se ha colocado de estructura metálica y refuerzo metálico en el nivel 3.



Ilustración 3.1: Mapeo nivel 03 para estructuras metálicas y refuerzos de madera



**Ilustración 3.2: Mapeo en nivel 4 para colocación de drywall a 1 y 2 caras**

Para un fácil control de medición y/o contabilidad del material colocado para la partida de drywall se ha definido un porcentaje de material colocado, para este caso se ha considerado:

**Tabla 3.9 : Avance de instalación drywall**

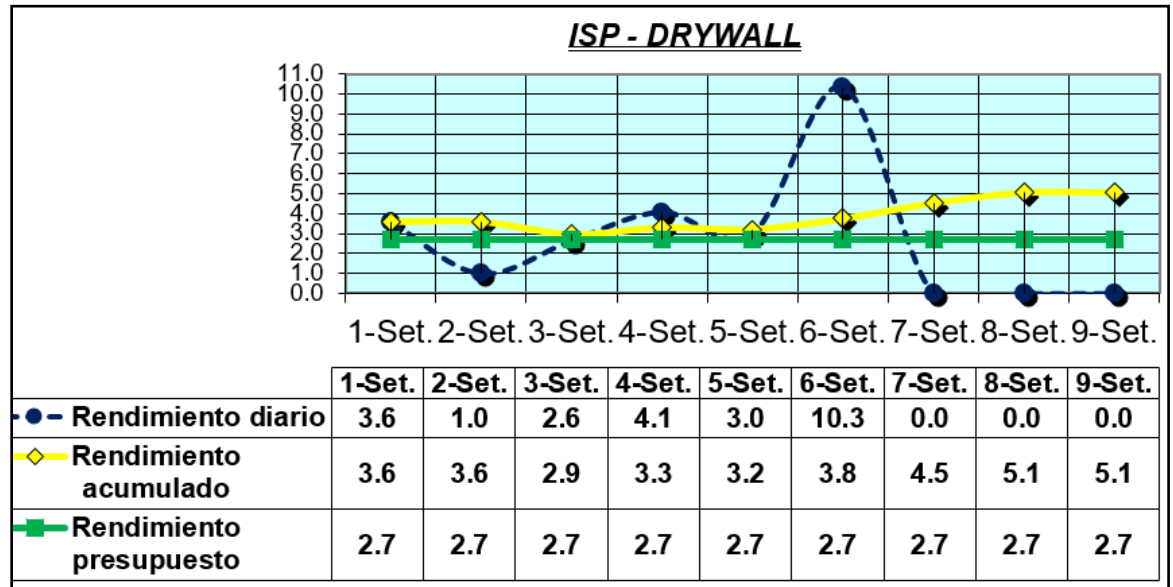
INSTALACION DRYWALL			
FECHA	EST.METALICA, m2 (20%)	1 CARA, m2 (30%)	2DA CARA,m2(50%)
1/09/2018	170.0	0.0	
2/09/2018	DOMINGO		
3/09/2018	178.0	120.0	
4/09/2018	62.0	113.0	
5/09/2018	222.0	55.0	
6/09/2018	88.0	FALTA DE MADERA	
7/09/2018	HABILITAR/COLOCACION DE MADERA	HABILITAR/COLOCACION DE MADERA	
8/09/2018	HABILITAR/COLOCACION DE MADERA/FALTA DRYWALL	HABILITAR/COLOCACION DE MADERA/FALTA DRYWALL	

Se tiene la colocación de drywall de 1 semana del 01/09/2018 al 08/09/2018 lo cual se ha ingresado en el formato de Excel obteniendo la siguiente gráfica:

**Tabla 3.10 : ISP para instalación de drywall**

<b>Instalación de Drywall</b>										
		1-Set	2-Set	3-Set	4-Set	5-Set	6-Set	7-Set	8-Set	9-Set
Descripción	Unidad	S	D	L	M	X	J	V	S	D
Producción diaria	m2	34.0	0.0	71.6	46.3	60.9	17.6	0.0	0.0	0.0
Producción acumulada	m2	34.0	34.0	105.6	151.9	212.8	230.4	230.4	230.4	230.4
HH diarias	hh	122.0	0.0	189.0	189.0	182.0	182.0	182.0	122.0	0.0
HH acumulada	hh	122.0	122.0	311.0	500.0	682.0	864.0	1046.0	1168.0	1168.0
Rendimiento diario	hh/m2	3.6	1.0	2.6	4.1	3.0	10.3	0.0	0.0	0.0
Rendimiento acumulado	hh/m2	3.6	3.6	2.9	3.3	3.2	3.8	4.5	5.1	5.1
Rendimiento presupuesto	hh/m2	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7

$$\text{Rendimiento} = \frac{N^{\circ} \text{ personas} \times N^{\circ} \text{ total de horas}}{\text{Total de trabajo ejecutado (m}^2\text{)}}$$



**Gráfico 3.7: Informe semanal de productividad**



### Cálculo de recursos

- Metrado previsto = 5676.50 m<sup>2</sup>
- Metrado saldo = 5676.50 m<sup>2</sup> - 230.40 m<sup>2</sup> = 5446.11 m<sup>2</sup>
- HH saldo = 5446.11 m<sup>2</sup> x 5.1 hh/m<sup>2</sup> = 27775.16 hh
- Tiempo estimado total = 8 semanas
- Hh normales = 48hrs
- N° real de personas = 40
- Ip = Rendimiento Acumulado semanal =  $\frac{1168hh}{230.4m^2} = 5.1 \text{ hh/m}^2$

Nos queda por ejecutar un total de 5446.11 m<sup>2</sup> de drywall lo que multiplicado por el I.p (índice de productividad) final de la semana que es 5.1 hh/m<sup>2</sup> nos quedan 27775.16 hh.

El índice de productividad (I.P) es nuestro rendimiento acumulado, el cual se muestra en la gráfica (de color amarillo) en este caso se muestra por encima del rendimiento de presupuesto (de color verde) lo que nos indica que la partida no está teniendo un buen rendimiento con respecto a lo ya presupuestado.

De la fórmula del rendimiento antes mencionada despejamos de la siguiente manera para saber el número total de personas supuestamente utilizadas de acuerdo al rendimiento presupuestado.

$$\text{Rendimiento} = \frac{N^{\circ} \text{ personas} \times N^{\circ} \text{ total de horas}}{\text{Total de trabajo ejecutado (m}^2\text{)}}$$

$$N^{\circ} \text{ Personas} = \frac{\text{Rendimiento} \times \text{Total de trabajo ejecutado}}{N^{\circ} \text{ total de horas}}$$

$$N^{\circ} \text{ Personas} = \frac{27775.16 \text{ horas hombre}}{8 \text{ semanas} \times 48 \text{ horas}}$$

$$N^{\circ} \text{ personas} = 72$$

Se obtiene que se necesitan 72 personas para poder obtener el rendimiento del presupuesto, lo cual no es nada productivo ni muchos menos rentable ya que se ha presupuestado lograr la meta con 40 personas.

### **3.3.4 Procedimiento para elaborar el método de valor ganado**

La gestión del valor ganado o **Earned Value Management (EVM)** se utiliza habitualmente en gestión de proyectos para medir el desempeño de un proyecto.

Nos permite entre otras cosas, comparar el total de trabajo realizado hasta una fecha con el total de trabajo planificado para esa fecha.

Estos análisis de valor ganado nos permitirán evaluar el estado del proyecto y si es necesario realizar ajustes.

Para este ejemplo hemos tomado la partida de tarrajeo exterior en fachada lo cual se ha programado ejecutar en el plazo de 5 semanas el total de 3529.54 m<sup>2</sup> que corresponden a las fachadas del hotel Holiday Inn-Piura.



## PASO 1

Identificamos los materiales a utilizar con su respectivo precio unitario para nuestra partida de tarrajeo, de la cual tenemos:

**Tabla 3.11 : Materiales para partida de tarrajeo**

MATERIALES VARIOS			
Descripción	Cantidad	Precio	Parcial
Nivel de mano			0
plomada			0
Comba			0
Cinzel			0
Martillo Goma	26	7.2	187.2
Cordel Nylon			0
Bateas	26	20	520
Cilindro	20	45	900
Manguera 100 Mts	1	205	205
TOTAL			1812.2

	P.U.	CANTIDAD	TOTAL
reglas	55	20	1100
SIKADUR 32 x 5Kg	48.3	5	241.53
Malla metálica	4.81	27	130

Se tiene que semanalmente se debe ejecutar 706 m<sup>2</sup> (3529.54 m<sup>2</sup> / 5 semanas= 705.9 m<sup>2</sup>/semana)

## PASO 2:

Ingresamos la cantidad de recursos utilizados en la semana al 29 de setiembre, como se observa a continuación:

**Tabla 3.12 : recursos utilizados semanalmente**

SEMANA AL 29/09/18								
FECHA	CEMENTO (BOLSAS)	SIKA (LTS)	TARRAJEO RAPIDO(BOLSAS)	HH	ROTOMARTILL O(HRS)	SIKADUR 32 (Kg)	METRADO (m2)	Malla Metalica(m2)
24/09/2018	FERIADO							
25/09/2018	6	70	61	188	19		75.9	
26/09/2018	8	100	150	199.5	18	1	139	
27/09/2018	8	160	190	253.5	19		175.8	5
28/09/2018	10	160	181	280.5	18		172.2	
29/09/2018	7	80	150	199.5	21		147.5	15
	39	570	732	1121	95	1	710.4	20
						Acumulado	710.4	

Se observan las 5 semanas en las que debemos ejecutar nuestra partida de tarrajeo exterior.

**Tabla 3.13 : Cantidad y precio de recursos**

			al	29-Set	6-Oct	13-Oct	20-Oct	27-Oct
Materiales	und	P.U	semana	1	2	3	4	5
Arena gruesa	m3	50.85	RECUR					
cemento	bls	20.5	RECUR	39				
Reglas de aluminio	glb	1100	RECUR	0.2				
sika	litros	1.9	RECUR	570				
trompo dia	hm	3.5	RECUR					
hh		21	RECUR	1121				
tarrajeo listo	bls	10.9	RECUR	732				
materiales varios	glb	1812.2	RECUR	0.2				
Rotomartillo	hm	3.35	RECUR	95				
SIKADUR 32	Kg	48.30	RECUR	1				
malla metalica	m2	4.81	RECUR	20				

Se tiene la tabla 3.14 para acumular datos, en este caso por la primera toma de datos se observa las mismas cantidades en todos los recuadros.

**Tabla 3.14 : Recursos acumulados semanalmente**

MATERIALES	UND	CANT	RECURSOS	SEMANA1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5
Arena gruesa	m3	50.85	RECUR ACUM	0	0	0	0	0
cemento	bls	20.5	RECUR ACUM	39	39	39	39	39
reglas de aluminio	und	55	RECUR ACUM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
sika	litros	1.9	RECUR ACUM	570	570	570	570	570
trompo dia	hm	3.5	RECUR ACUM	0	0	0	0	0
Hh	hh	21	RECUR ACUM	1121	1121	1121	1121	1121
tarrajeo listo	bls	10.9	RECUR ACUM	732	732	732	732	732
materiales varios	glb	0	RECUR ACUM	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
rotomartillo	hm	3.35	RECUR ACUM	95	95	95	95	95
SIKADUR 32	kg	48.30	RECUR ACUM	1	1	1	1	1
mallla metalica	m2	4.81	RECUR ACUM	20	20	20	20	20

En la siguiente tabla se tiene los recursos multiplicados por su respectivo precio unitario, por ejemplo; cemento, se ha utilizado en la semana un total de 39 bolsas a un costo de 20.5 cada bolsa teniendo así un total de s/. 799.5, lo cual se muestra en la tabla 3.15 de **“costo semanal”**

**Tabla 3.15 : Costo de recursos semanales**

<b>MATERIALES</b>	<b>UND</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>SEMANA1</b>	<b>SEMANA2</b>	<b>SEMANA3</b>	<b>SEMANA4</b>	<b>SEMANA5</b>
Arena gruesa	m3	costo sem	0	0	0	0	0
cemento	bls	costo sem	799.5	0	0	0	0
reglas de aluminio	und	costo sem	220	0	0	0	0
Sika	litros	costo sem	1083	0	0	0	0
trompo dia	hm	costo sem	0	0	0	0	0
Hh	hh	costo sem	23541	0	0	0	0
tarrajeo listo	bls	costo sem	7978.8	0	0	0	0
materiales varios	glb	costo sem	362.44	0	0	0	0
rotomartillo	hm	costo sem	318.60625	0	0	0	0
SIKADUR 32	kg	costo sem	48.3	0	0	0	0
mallá metálica	m2	costo sem	96.2	0	0	0	0

Se tiene la tabla 3.16 para acumular costos, en este caso por la primera toma de datos se observa las mismas cantidades en todos los recuadros.

**Tabla 3.16 : costo de recursos acumulados semanalmente**

<b>MATERIALES</b>	<b>UND</b>	<b>RECURSOS</b>	<b>SEMANA1</b>	<b>SEMANA2</b>	<b>SEMANA3</b>	<b>SEMANA4</b>	<b>SEMANA5</b>
Arena gruesa	m3	costo acum	0	0	0	0	0
cemento	bls	costo acum	799.5	799.5	799.5	799.5	799.5
reglas de aluminio	und	costo acum	220	220	220	220	220
sika	litros	costo acum	1083	1083	1083	1083	1083
trompo dia	hm	costo acum	0	0	0	0	0
hh	hh	costo acum	23541	23541	23541	23541	23541
tarrajeo listo	bls	costo acum	7978.8	7978.8	7978.8	7978.8	7978.8
materiales varios	glb	costo acum	362.44	362.44	362.44	362.44	362.44

rotomartillo	hm	costo acum	318.6062 5	318.6062 5	318.6062 5	318.6062 5	318.6062 5
SIKADUR 32	kg	costo acum	48.3	48.3	48.3	48.3	48.3
mallla metálica	m2	costo acum	96.2	96.2	96.2	96.2	96.2

**Tabla 3.17 : Programación para avance semanal**

PROGRAMACIÓN DE AVANCE	UND.	TOTAL	SPI
PU. Meta	S/.	37.04	
<b>Metrado Estimado Total</b>	<b>m2</b>	<b>3,529.54</b>	
Metrado Programado Mensual	m2		
Metrado Programado Semanal	m2	<b>700.00</b>	
Metrado Ejecutado - Semana Actual	m2	710.40	<b>101%</b>
Metrado Ejecutado - Total Obra (acum)	-	710.40	<b>20%</b>
Saldo de Obra	-	2,819.14	

De la tabla 3.17 se tiene el índice de rendimiento de la programación o cronograma (**SPI**) que lo ejecutado en la semana representa el 101% de lo programado, ya que se ha ejecutado un poco más de lo que se programó, además representa hasta el momento el 20% del total a ejecutar.

SPI= 1.01% (OK)

**NOTA:**

Un valor de 1 significa que el proyecto se ajusta al calendario, y un valor de más de 1 significa que el proyecto está por delante de lo previsto y menor de 1 no se está cumpliendo en el plazo indicado.

En la tabla 3.18 se puede observar que se ha proyectado un costo semanal por unidad de 37.04 soles.

Los índices indicados o rendimientos se han hallado de la siguiente manera:

**Tabla 3.18 : Análisis de precios unitarios contractual**

Partida	ARQ 3074	TARRAJEO EN MURO EXTERIOR CON IMPERMEABILIZADO 1:5 (C:A) E=1.5CM				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 10.0000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : m2		37.04
<b>Código</b>	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio \$/.</b>	<b>Parcial \$/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
	CAPATAZ	hh	0.1	0.08	26.61	2.13
	OPERARIO	hh	1.0	0.80	22.71	18.17
	AYUDANTE	hh	0.5	0.40	13.92	5.57
						<b>25.87</b>
	<b>Materiales</b>					
MA0004	ARENA GRUESA	m3		0.02	244.00	4.15
MAC0001	CEMENTO BOLSA (42.5 kg)	bis		0.16	29.76	4.79
AGUA100	AGUA	m3		0.004	9.75	0.04
MALU1001	REGLAS DE ALUMINIO 1"X4"X8"	un		0.03	0.65	0.02
MIP1002.01	SIKA 1 EN POLVO(1Kg)	Kg		0.26	2.72	0.72
						<b>9.72</b>
	<b>Maquinaria</b>					
TMA0002	Mezcladora 11p3 (23hp)	hm		0.02	10.75	0.16
						<b>0.16</b>
	<b>Equipos</b>					
CM	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	25.87	1.29
						<b>1.29</b>

**Tabla 3.19: Índice contractual de mano de obra en partida de tarrajeo**

Categoría	Cuadrilla	HH	HH TOTAL
Capataz	0.10	0.080	282.36
Operario	1.00	0.800	2,823.63
Oficial	0.00	0.000	-
Ayudante	0.50	0.400	1,411.82
		<b>IP 1.280</b>	hh/m2

Se detalla el índice o rendimiento (1.28 hh/m2) para la mano de obra, hallada en el presupuesto contractual tal y como se indica en la tabla 3.19

**Ejecutado semanalmente en campo:**

La partida de tarrajeo exterior incluye un pañeteo previo y el tarrajeo propiamente con el insumo de “tarrajeo listo”, se ha realizado el análisis de pañeteo y posteriormente la del tarrajeo, teniendo en cuenta que los índices o rendimientos varían semana a semana de acuerdo a los recursos utilizados y avance ejecutado en campo.

**Tabla 3.20: Análisis de precios pañeteo exterior**

Partida	ARQ 3073	PAÑETEO EN MURO EXTERIOR						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 20.8000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : m2				11.10
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.		
	Mano de Obra							
	CAPATAZ	hh	0.1	0.038	25.61	0.97		
	OPERARIO	hh	1	0.384	20.80	7.98		
	AYUDANTE	hh	0.2	0.077	13.92	1.07		
						10.02		
	Materiales							
MAC0001	CEMENTO BOLSA (42.5 kg)	bls		0.0275	20.50	0.56		
AGUA100	AGUA	m3		0.002	9.75	0.019		
						0.58		
	Equipos							
CM	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	10.02	0.50		
						0.50		

**Tabla 3.21: Índice de la mano de obra (pañeteo) en semana 1**

Categoría	Cuadrilla	HH	HH TOTAL
Capataz	0.10	0.038	135.53
Operario	1.00	0.384	1,355.34
Oficial	0.00	0.000	-
Ayudante	0.20	0.077	271.07
IP		0.499	hh/m2

**Tabla 3.22: Análisis de precios tarrajeo exterior**

TARRAJEO EN MURO EXTERIOR						
m2/DIA	MO. 10.000	EQ. 5.0000	Costo unitario directo por : m2			39.14
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra						
CAPATAZ	hh	0.1	0.08	25.61	2.05	
OPERARIO	hh	1	0.80	20.80	16.64	
OFICIAL	hh	0.3	0.24	18.50	4.44	
					23.13	
Materiales						
CEMENTO BOLSA (42.5 kg)	bls		0.0275	20.50	0.57	
AGUA	m3		0.004	9.75	0.04	
REGLAS DE ALUMINIO 1"X4"X8"	un		0.0003	1100.00	0.33	
SIKA 1 EN POLVO(1Kg)	Kg		0.8024	1.90	1.524	
TARRAJEO LISTO	Bls		1.0304	10.90	11.23	
MATERIALES VARIOS	Glb		0.0003	1,812.20	0.54	
SIKADUR 32	Lts		0.0014	48.30	0.07	
MALLA METALICA	Mts		0.0282	4.81	0.14	
					14.4	
Equipos						
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		0.05	23.13	1.16	
ROTOMARTILLO	hm		0.1337	3.35	0.45	
					1.61	

**Tabla 3.23 : Índice de la mano de obra en tarrajeo semana 1**

Categoría	Cuadrilla	HH	HH TOTAL
Capataz	0.10	0.080	282.36
Operario	1.00	0.800	2,823.63
Oficial	0.30	0.240	847.09
Ayudante		0.000	-
IP		<b>1.120</b>	hh/m2

Se tiene finalmente un índice o rendimiento para el tarrajeo (tarrajeo + pañeteo) de 1.57 hh/m<sup>2</sup> como se puede observar en las tablas 3.21 y 3.23

La partida de tarrajeo en fachada para la semana 1, ha costado un total de 50.20 soles (11.10 + 39.14 = 50.20 soles).



**Tabla 3.24: Costo real semanal de avance ejecutado en campo**

Descripción	Ejecutado en la Semana				
	Cantidad	Und	Indice (cant /cant. ejecutada)	P.U.	Sub - Total S/.
<b>Mano de Obra</b>					<b>33.14</b>
Mano de Obra	1,121.00	HH	1.5780	21.00	33.14
<b>Equipos</b>					<b>2.10</b>
Herramientas manuales	0.05	%MO			1.66
mezcladora 11 p3 3hp)	-	HM	-	-	-
Rotomartillo	95.00	HM	0.1337	3.35	0.45
<b>Materiales</b>					<b>14.96</b>
arena gruesa	-	m3	-	-	-
cemento (bolsa 2,5kg)	39.00	bls	0.0549	20.50	1.13
reglas de aluminio x4"x8"	0.20	un	0.0003	1,100.00	0.33
Sika- 1 impermeabilizante	570.00	lts	0.8024	1.90	1.52
tarrajeo listo	732.00	bls	1.0304	10.90	11.23
materiales varios	0.20	glb	0.0003	1,812.20	0.54
SIKADUR 32	1.00	bls	0.0014	48.30	0.07
malla metalica	20.00		0.0282	4.81	0.14
<b>Total Costo Semanal x unidad S/.</b>					<b>50.20</b>

Tenemos la tabla 3.24 con lo ejecutado en la semana donde el índice o rendimiento lo hallamos de la siguiente manera en nuestro formato Excel de valor ganado, el cual también ha sido mostrado en el análisis de precios unitarios anteriormente en las tablas 3.20 y 3.22.

**MANO DE OBRA:** se divide las horas hombre consumidas durante la semana entre el metrado ejecutado durante la semana.

$$1121 \text{ hh} / 710.4 \text{ m}^2 = 1.578$$

$$\text{Sub total (S/.)} \text{ mano de Obra} = 1.578 * \text{P.U (promedio)} = (1.578 * 21.00)$$

$$\text{Sub total (S/.)} \text{ mano de Obra} = \text{S/} \mathbf{33.14}$$

**ROTOMARTILLO:** se dividen las horas maquina consumidas durante la semana entre el metrado ejecutado durante la semana.

$$95 \text{ hm} / 710.4 \text{ m}^2 = 0.133 \text{ hm/m}^2$$

$$\text{P.U rotomartillo} = 3.35$$

$$\text{Sub total (S/.) rotomartillo} = 0.133 * 3.35$$

$$\text{Sub total (S/.) rotomartillo} = \mathbf{0.45 \text{ soles /m}^2}$$

**HERRAMIENTAS MANUALES:** Las herramientas manuales lo hemos considerado en este caso como el 5% del costo de la mano de obra siendo así:

$$0.05 * 33.14 = 1.66$$

El sub total en soles para Equipos (en el cual se considera rotomartillo + herramientas manuales) será:

$$\text{Sub total (S/.) Equipos} = \text{S/} 1.66 + 0.45$$

$$\text{Sub total (S/.) Equipos} = \text{S/} 2.11$$

Finalmente para el subtotal en soles de los materiales lo hallamos de la manera ya explicada.

Se tiene que el costo utilizado en la semana por metro cuadrado:

$$\text{Sub total (S/.) mano de Obra} = \text{S/} 33.14$$

$$\text{Sub total (S/.) Equipos} = \text{S/} 2.11$$

$$\text{Sub total (S/.) Materiales} = \underline{\text{S/} 14.96}$$

$$\text{Costo semanal ejecutado (M.O, EQ y MAT)} = \mathbf{\text{S/} 50.20}$$

**Tabla 3.25 : Recursos consumidos y montos parciales**

Und		Recursos Consumidos		Montos Parciales	
		Semanal	Acum	Sem	Acum
Mano de Obra					
Mano de Obra	HH	1,121.00	1,121.00	23,541.00	23,541.00
Equipos					
Herramientas manuales	%MO	1.00		1.85	1,177.05
Rotomartillo	HM	95.00	95.00	318.25	318.61
Materiales					

cemento (bolsa 42,5kg)	bls	39.00	39.00	799.50	799.50
Reglas de aluminio 1"x4"x8"	un	0.20	0.20	220.00	220.00
Sika-1	kg	570.00	570.00	1,083.00	1,083.00
tarrajeo listo	bls	732.00	732.00	7,978.80	7,978.80
materiales varios	glb	0.20	0.20	362.44	362.44
SIKADUR 32	bls	1.00	1.00	48.30	48.30
mallla metálica	m2	20.00	20.00	96.20	96.20

Se muestra en la tabla 3.20 la cantidad de recursos consumidos en la semana y acumulados (por ser la primera toma, serán los mismos datos). Asimismo, una tabla de los montos parciales semanales y acumulados en semanales por ejemplo se muestran las 95 hm de rotomartillo multiplicado por su precio unitario S/.3.35 nos da: S/.318.25, para la columna de acumulados por ser la primera toma, serán los mismos datos.

El CPI (índice de rendimiento de costos) que es una relación que mide la eficacia financiera del proyecto al dividir el costo presupuestado del trabajo, entre el costo real del trabajo realizado, para este caso tenemos:

$$CPI = \frac{37.04}{50.20}$$

$$CPI=0.74$$

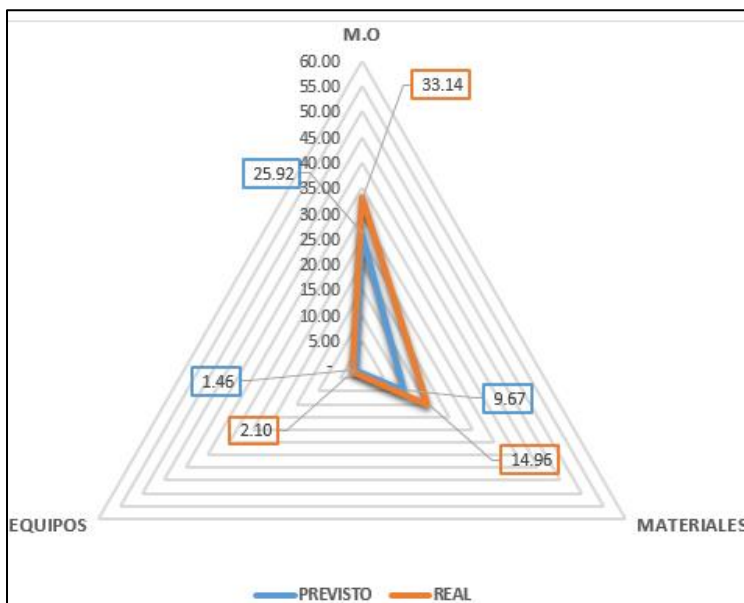
Lo cual significa que por cada metro cuadrado ejecutado el proyecto está perdiendo 0.26

Recordemos que en el CPI, Si el resultado es superior a 1, entonces el proyecto está dentro del presupuesto, que es el mejor resultado. Un CPI de 1 significa que el proyecto es igual que el presupuesto, que es también un buen resultado. Un CPI inferior a 1 significa que el proyecto está por encima del presupuesto. Esto representa un riesgo de que el proyecto pueda quedarse sin dinero antes de que se complete.

**Tabla 3.26 : monto presupuestado y real ejecutado**

	PREVISTO	REAL
M.O	25.92	33.14
MATERIALES	9.67	14.96
EQUIPOS	1.46	2.10

En la tabla 3.21 colocamos lo que se tiene presupuestado en materiales mano de obra y equipos y lo que se ha gastado en campo (costo real), de lo cual nos resulta la siguiente gráfica:



**Gráfico 3.8 : Montos presupuestados y real ejecutado**

En los vértices se nos indica que M.O, materiales y equipos están por encima de lo presupuestado.

### Resultados

#### MANO DE OBRA:

Se ha presupuestado hacer un gasto de S/.25.92 por metro cuadrado ejecutado, pero en esta primera semana se está gastando S/.33.14 o sea S/7.22 (+27.85%) adicional de lo que se presupuestó inicialmente.

#### MATERIALES

Se ha presupuestado hacer un gasto de S/.9.67 por metro cuadrado ejecutado, pero en esta primera semana se está gastando S/.14.96 o sea S/5.29 (+54.7%) adicional de lo que se presupuestó inicialmente

#### EQUIPOS

Se ha presupuestado hacer un gasto de S/.1.46 por metro cuadrado ejecutado, pero en esta primera semana se está gastando S/.2.10 o sea S/0.64 (+43.83%) adicional de lo que se presupuestó inicialmente.

## CONCLUSION (SOLO PRIMERA SEMANA)

Para la primera toma del avance ejecutado en la semana se tiene como resultado que se ha ejecutado más de lo programado ya que se programó por semana 706 m<sup>2</sup> de tarrajeo en fachada del hotel, teniendo finalmente 710.4 m<sup>2</sup> ejecutados (real) en la semana.

Se concluye que a pesar de haber ejecutado un poco más de lo programado se está gastando más de lo planificado en costo con respecto a mano de obra, materiales y equipos, de lo cual se ha detallado líneas anteriores

$$SPI = \frac{710.4}{706.0} = 1.01$$

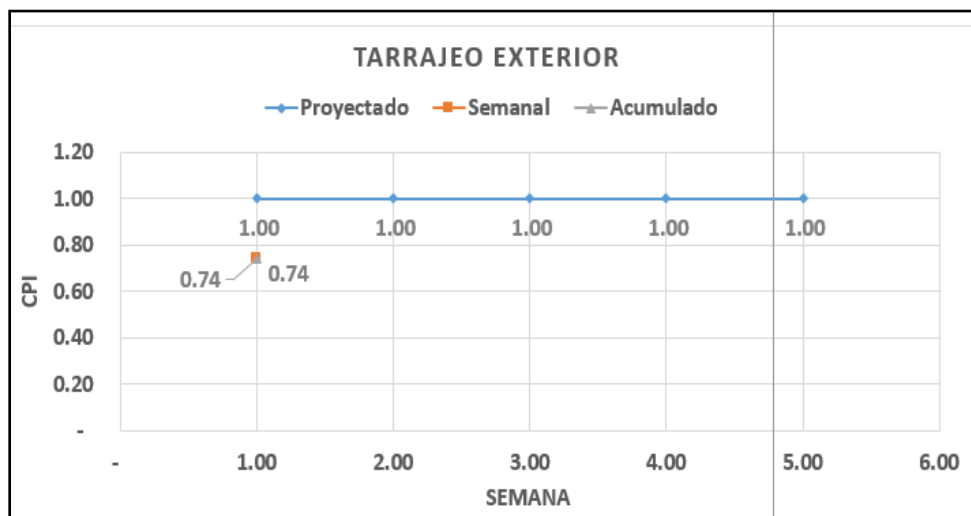
El **SPI** o índice de desempeño del cronograma está por encima del índice 1, lo que significa que se ha ejecutado más de lo que se ha programado, siendo éste un resultado positivo.

**Tabla 3.27 : CPI proyectado y semanal**

GRAFICO DEL TOTAL	Sem 01	Sem 02	Sem 03	Sem 04	Sem 05
Proyectado	1.00	1.00	1.00	1.0	1.00
Semanal	0.74				
Acumulado	0.74				

En la tabla 3.27 se observa los índices de desempeño del costo que en la primera semana fue de 0.74 que es menor a la unidad lo que significa que a nivel de costo se está perdiendo 0.26 por cada metro cuadrado ejecutado.

Con respecto al costo se está gastando 13.16 soles adicionales, por metro cuadrado ejecutado.



**Gráfico 3.9 : CPI proyectado y semanal**

**PRESUPUESTO HASTA LA CONCLUSION (BUDGET AT COMPLETION)**

METRADO TOTAL	3529.54
PRECIO UNITARIO	37.04
<b>BAC</b>	<b>130734.16</b>

**VALOR PLANEADO (PV)**

METRADO PROG.SEMANAL	706.00
PRECIO UNITARIO	37.04
<b>PV</b>	<b>26150.24</b>

**VALOR GANADO (EV)**

METRADO EJECUTADO CON PRECIO DEL PRESUPUESTO	710.4
PRECIO UNITARIO	37.04
<b>EV</b>	<b>26313.22</b>

**COSTO ACTUAL (AC)**

EJECUTADO CON PRECIO EN CAMPO	710.4
PRECIO UNITARIO	50.2
<b>AC</b>	<b>35662.08</b>

**INDICE DE DESEMPEÑO DEL COSTO (CPI)**

<b>CPI</b>	<b>EV/AC</b>	<b>0.74</b>
------------	--------------	-------------

**INDICE DE DESEMPEÑO DEL CRONOGRAMA (SPI)**

<b>SPI</b>	<b>EV/PV</b>	<b>1.01</b>
------------	--------------	-------------

**VARIANZA DEL CRONOGRAMA (SV)**

<b>SV</b>	<b>EV - PV</b>	<b>162.98</b>
-----------	----------------	---------------

**VARIANZA DEL COSTO (CV)**

<b>CV</b>	<b>EV - AC</b>	<b>-9341.76</b>
-----------	----------------	-----------------

**ESTIMADO AL FINALIZAR (EAC)**

<b>EAC</b>	<b>BAC / CPI</b>	<b>176,667.78</b>
------------	------------------	-------------------

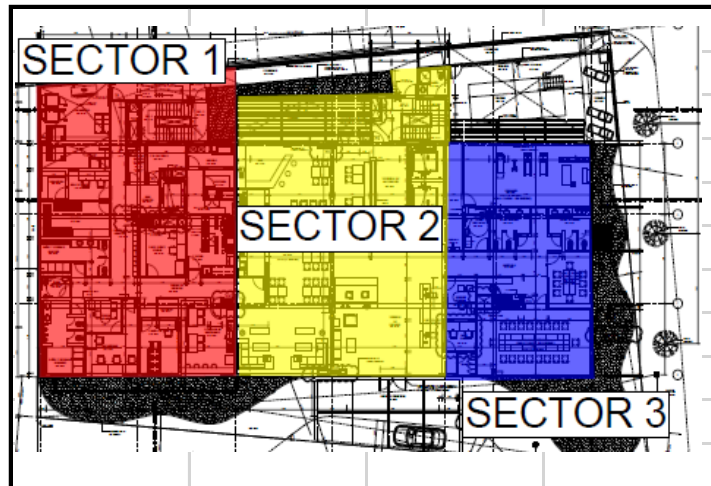
### 3.3.5 Procedimiento para elaborar un ciclograma

Es una Programación y/o Planificación de las actividades a realizar en un tiempo (estableciendo plazos) determinado de ejecución.

Para este ejemplo tomaremos el ciclograma que se realizó para el cumplimiento del hito N°02 el cual se basa en la culminación de estructuras vaciadas de todo el hotel Holiday Inn

#### PASO 1: SECTORIZACION

- **Primer nivel**



✓ Área sector 01: 320 m<sup>2</sup>

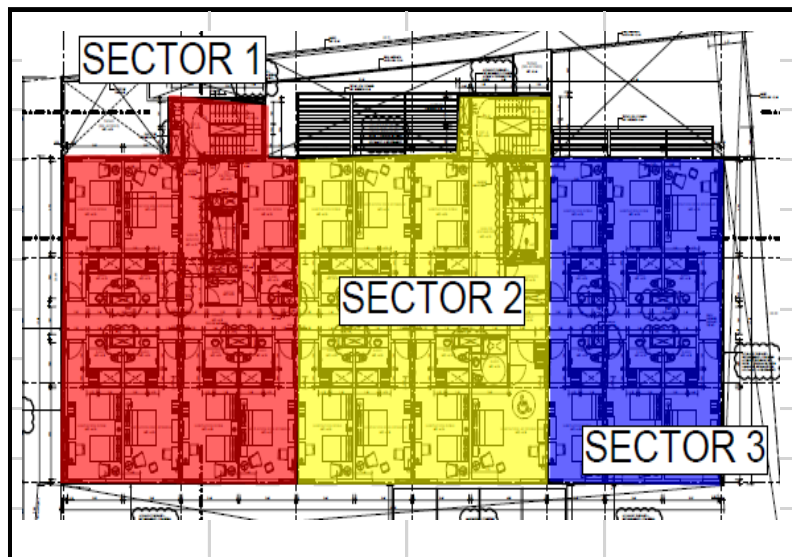
✓ Área sector 02: 308 m<sup>2</sup>

✓ Área sector 03: 202 m<sup>2</sup>

**Ilustración 3.3: Sectorización en nivel 01**

**Fuente: Elaboración propia**

- **Piso típico**



✓ Área sector 01: 320 m<sup>2</sup>

✓ Área sector 02: 308 m<sup>2</sup>

✓ Área sector 03: 202 m<sup>2</sup>

**Ilustración 3.4 : sectorización para niveles típicos**

## **PASO 2: LISTAR Y SECUENCIAR ACTIVIDADES**

Hacer una lista de las actividades a ejecutar y el orden en que esas deben ejecutarse, para el ejemplo se tiene como primera actividad al acero en verticales y se culmina con el vaciado de concreto en losa.

### **Partidas**

- 1°. ACERO EN VERTICALES
- 2°. ENCOFRADO EN VERTICALES
- 3°. C° VERTICALES
- 4°. ENCOFRADO LOSA
- 5°. ARMADURA LOSA
- 6°. IIEE/IISS
- 7°. C° LOSA

## **PASO 3: METRAR Y DIMENSIONAR CUADRILLAS**

**Tabla 3.28 : Columnas y placas-sector 01**

SECTOR 01							
DESCRIPCION DE PARTIDAS	UND	METRADO	DESCRIPCION DEL PERSONAL				CANT
COLUMNAS + PLACAS			CAPATAZ	OP	OF.	AY.	
Acero	Kg	3749	0.2	1	1		2.2
encofrado	m <sup>2</sup>	7.5	0.2	1	1		2.2
Concreto	m <sup>3</sup>	32.6	0.2	1	1	4	6.2

**Tabla 3.29 : Recursos para placas y columnas-sector 01**

PRODUCCION	N° CUADRILLAS	TIEMPO A PROGRAMAR	TIEMPO EN DIAS	VELOCIDAD PRODUCCION (m2/día)	RENDIMIENTO (hh/m2)	CANTIDAD PRODUCCION POR PERSONA (m2/persona)
500	8	0.9	1	468.6	0.038	26.63
9	1	0.8	1	0.94	2.347	0.43
32	1	1.0	1	4.08	1.521	0.66



**Tabla 3.30 : Losas –sector 01**

DESCRIPCION DE PARTIDAS	UND	METRADO	DESCRIPCION DEL PERSONAL				CANTIDAD
			CAPATAZ	OP.	OF.	AY.	
LOSAS							
Acero	Kg	3840	0.2	1	1		2.2
encofrado	m <sup>2</sup>	320	0.2	1	1		2.2
Concreto	m <sup>3</sup>	64	0.2	1	1	5	7.2

**Tabla 3.31 : Recursos para losas-sector 01**

PRODUCCION	N° CUADRILLAS	TIEMPO A PROGRAMAR	TIEMPO EN DIAS	VELOCIDAD PRODUCCION (m2/día)	RENDIMIENTO (hh/m2)	CANTIDAD PRODUCCION POR PERSONA (m2/persona)
500	4	1.9	2	480	0.018	54.5
15	8	2.7	3	40	0.440	2.3
60	1	1.1	1	8	0.900	1.1

**Tabla 3.32 : Vigas-Sector 01**

	UNIDAD	METRADO	DESCRIPCION DEL PERSONAL				CANTIDAD
			CAPATAZ	OP.	OF.	AY.	
VIGAS							
acero	Kg	1925	0.2	1	1		2.2
encofrado	m <sup>2</sup>	28	0.2	1	1		2.2
Concreto	m <sup>3</sup>	11	0.2	1	1	5	7.2

**Tabla 3.33: Recursos para vigas-sector 01**

PRODUCCION	N° CUADRILLAS	TIEMPO A PROGRAMAR	TIEMPO EN DIAS	VELOCIDAD PRODUCCION (m2/día)	RENDIMIENTO (hh/m2)	CANTIDAD PRODUCCION POR PERSONA (m2/persona)
500	5	0.8	1	240.63	0.046	21.9
6	4	1.2	1	3.50	2.514	0.4
20	1	0.6	1	1.38	5.236	0.2

#### PASO 4: TREN DE ACTIVIDADES

- Las actividades o procesos se consideran como una estación de trabajo.
- Las actividades se programan una detrás de otra de manera secuencial
- Se realiza el balance de cuadrillas para que todas las actividades culminen un sector en el mismo lapso.
- Se busca que todas las estaciones estén balanceadas en capacidad y demanda.
- Los Trenes de Actividades consisten en hacer que todas las partidas se vuelvan críticas

		TREN DE ACTIVIDADES LOSAS																								
	días																									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
PARTIDAS																										
ACERO VERTICALES		1 1S1	1S2	1S3	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	4S1	4S2	4S3	5S1	5S2	5S3	6S1	6S2	6S3	7S1						
ENCOFRADO VERTICALES	1		1S1	1S2	1S3	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	4S1	4S2	4S3	5S1	5S2	5S3	6S1	6S2	6S3	7S1					
C° VERTICALES	1			1S1	1S2	1S3	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	4S1	4S2	4S3	5S1	5S2	5S3	6S1	6S2	6S3	7S1				
ENCOFRADO LOSA	1				1S1	1S2	1S3	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	4S1	4S2	4S3	5S1	5S2	5S3	6S1	6S2	6S3	7S1			
ARMADURA LOSA	1					1S1	1S2	1S3	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	4S1	4S2	4S3	5S1	5S2	5S3	6S1	6S2	6S3	7S1		
IIIEE/IISS	1						1S1	1S2	1S3	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	4S1	4S2	4S3	5S1	5S2	5S3	6S1	6S2	6S3	7S1	
C° LOSA	1							1S1	1S2	1S3	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	3S3	4S1	4S2	4S3	5S1	5S2	5S3	6S1	6S2	6S3	7S1
Total de actividades	7																									

**Ilustración 3.5 : tren de actividades para losas**

#### Leyenda del tren de actividades:

1S1: primer nivel, sector 01

1S2: primer nivel, sector 02

2S2: segundo nivel, sector 02

5S1: quinto nivel, sector 01

En la ilustración 3.5 se observa que el día 1 se realiza la actividad de colocación de acero en verticales en el primer nivel-sector 01.

El 2do día se realizan las actividades de colocación de acero vertical en el nivel 01 –sector 02 y encofrado de verticales del nivel 01-sector 01.

El 3er día se realizan las actividades de colocación de acero vertical en el nivel 01-sector 03, encofrado de verticales en el nivel 01-sector 02 y vaciado de concreto en verticales en nivel 01-sector 01

En el 4to día se realizan las actividades de colocación de acero vertical en el nivel 02-sector 01, encofrado de verticales en el nivel 01 sector 03, concreto en verticales en el nivel 01-sector 02 y armadura de losa en nivel 01-sector 01, y así sucesivamente para los siguientes días y en los respectivos niveles y sectores tal y como se indica en el tren de actividades

Teniendo nuestras estaciones correspondientes al tren de actividades de losas y con su respectivos tiempos de duración, en este caso cada estación tiene una duración de 1 día pero aun así la duración también depende de los procesos constructivos de los demás elementos a colocar como son vigas y elementos verticales, lo cual debe reflejarse en nuestra grafica del ciclograma.

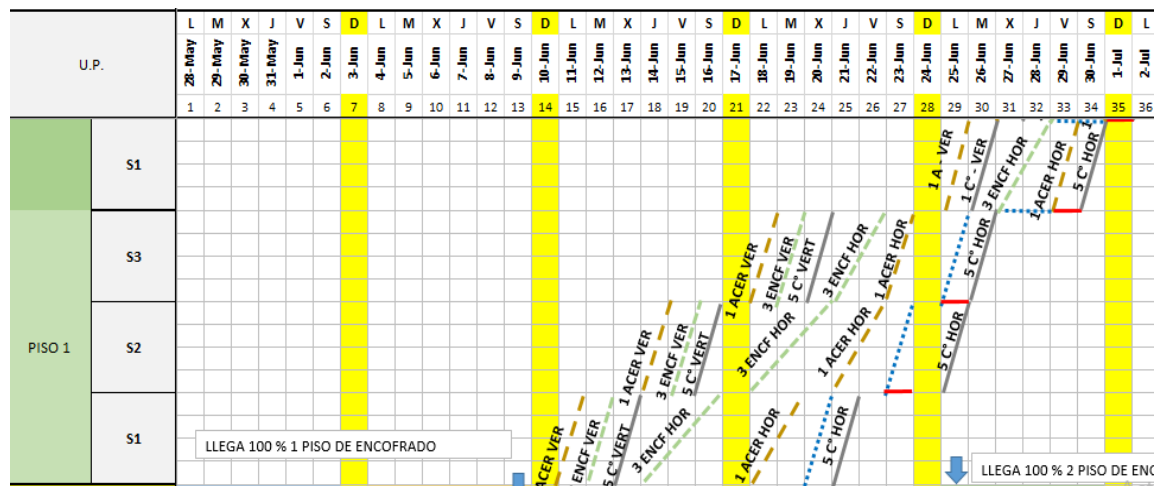
PISOS		SECTORIZACION ENCOFRADO		
7		7S1	7S2	7S3
6		6S1	6S2	6S3
5		5S1	5S2	5S3
4		4S1	4S2	4S3
3		3S1	3S2	3S3
2		2S1	2S2	2S3
1		1S1	1S2	1S3

**Ilustración 3.6 : sectorización para encofrado en todos los niveles**

En la ilustración se observa la secuencia o tren en la que se colocó el encofrado en los diferentes sectores y niveles. En este caso se comenzó desde la parte inferior izquierda hacia derecha: 1S1, luego 1S2 y 1S3

Para el caso del piso 01-sector 01 se tiene la colocación de acero vertical que dura 1 día , o sea se realizó el día 11 de julio del 2018, así mismo al día siguiente 12 de julio (tal y como se indicó en el tren de actividades) se realiza la actividad de encofrado de verticales también en el piso 01-sector 01 pero como se indicó anteriormente el tiempo de algunas actividades depende de la habilitación de materiales, o alguna restricción en campo.

En la ilustración 3.7 el encofrado de losa tiene una duración de tres días lo que se refleja en el ciclograma, pero en paralelo se realizan las actividades de encofrado en verticales y vaciado de las mismas, pero en otro sector



**Ilustración 3.7 : ciclograma hito N°02**

### 3.3.6 Método para elaboración de lookahead planning

#### PASO 1

Para el periodo de programación que se adopte, en este caso tres semanas, se identifican e incorporan los suministros necesarios para el desarrollo de las actividades y los responsables de ellas.

Se programan las tareas de flujo necesarias para avanzar en el desarrollo de la planificación maestra tales como inspecciones, pruebas y ensayos, intervenciones de agentes externos, etc., de modo que al incorporarse a la programación no sean un foco de desajustes y retrasos.

El lookahead por ser una planificación de media categoría (entre planificación maestra de obra y la planificación semanal) se realizan algunos cambios al cronograma debido a que el lookahead es mucho más detallado de los cuales se debe tomar en cuenta lo siguiente, incluido en el cronograma:

- **Duración** : tiempo que tomara ejecutar las diferentes partidas y/o actividades
- **Comienzo/Fin** : fecha exacta de comienzo y culminación de la partida
- **Observaciones y/o restricciones**: información acerca del impedimento u obstáculos para lograr los objetivos planteados inicialmente

#### PASO 2

El lookahead planning busca prever qué se necesita para que las actividades en un futuro medio se puedan realizar, para lograrlo se debe elaborar el análisis de restricciones tal y como se muestra en la tabla 3.30

Este análisis es para dejar libre de necesidades a las actividades del *Lookahead* para que se puedan realizar en el tiempo planeado

**Tabla 3.34 : Análisis de restricciones**

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES							
ITEM	ACTIVIDAD DEL LOOKAHEAD	DESCRIPCIÓN DE LA RESTRICCIÓN	RESPONSABLE DE RESTRICCIÓN	FECHA REQUERIDA	FECHA DE CUMP.	ESTADO DE RESTRICCIÓN	OBSERVACIONES Y/O COMENTARIOS
1.00	MOVIMIENTO TIERRAS	DETALLE DE REFORZAMIENTO DE MURO CURVO DE ZONA DE INGRESO A ESTACIONAMIENTO (SÓTANO)	CLIENTE	3/03/2018		PROCESO	
2.00	PRELIMINARES	RETIRO DE POSTE DE COMUNICACIONES	TELÉFONICA	19/03/2018		PROCESO	
3.00	ESTRUCTURAS	PERMISO DE TRABAJO PARA EL 29 Y 30 DE MARZO	HV	28/03/2018		DENEGADO	
4.00	ESTRUCTURAS	PERMISO DE TRABAJO NOCTURNO	HV	28/03/2018		PROCESO	
5.00	PRELIMINARES	RETIRO DE POSTE MT	CLIENTE	31/03/2018		PROCESO	Se realizaron los tramites con ENOSA
6.00	ESTRUCTURAS	PERMISO DE TRABAJO DIAS DOMINGOS	HV	20/04/2018		PROCESO	

Fuente: HV Contratistas

Las actividades que pasan a la planificación semanal son aquellas que se les libró de restricciones. Se incrementa el PPC debido a que se disminuye la incertidumbre

En este análisis se asignan responsables por actividad y fechas requeridas

Las causas de incumplimiento de las actividades se pueden dar por la influencia de distintos factores entre ellos se tiene causas debido a programación, casos externos, administrativos, de calidad, etc. tal y como se muestra en la tabla 3.30

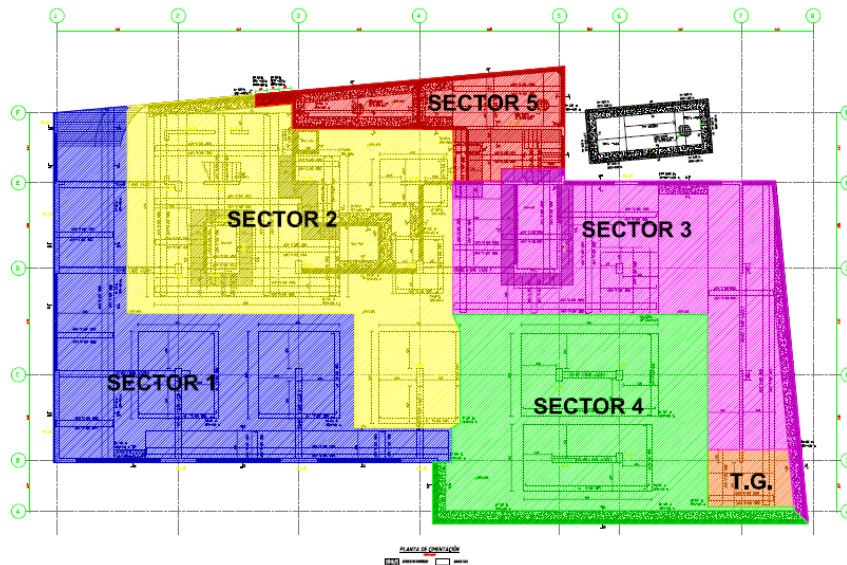
**Tabla 3.35 : causas de incumplimiento**

**CATÁLOGO DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO**

CAUSAS DE	PROGRAMACION (PROG)	LOGISTICA (LOG)	CONTROL DE CALIDAD (QA/QC)
DESCRIPCION	Todas las causas que implican: *Errores o cambios en la programación. *Inadecuada utilización de las Herramientas de Programación. *Mala asignación de recursos. *Cualquier restricción que no fue identificada de manera oportuna.	Todas las causas que implican: *Falta de equipos, herramientas o materiales en obra, que han sido requeridos oportunamente por Producción.	Todas las causas que implican: *La entrega oportuna de información a producción (planos, procedimientos, etc) *Cambios o errores en la ingeniería durante el desarrollo de las actividades del Plan Semanal.
CAUSAS DE	CLIENTE/SUPERVISIÓN (CLI)	ERRORES DE EJECUCIÓN (EJEC)	SUBCONTRATAS (SC)
DESCRIPCION	Todas las causas que implican Responsabilidad del Cliente (Falta de información, cambio de prioridades, cambios o errores en la ingeniería, falta de liberación de estructuras, etc).	Se consideran las causas que corresponden a atrasos debido a retrabajos en el proceso constructivo, es decir que por errores de ejecución no se pudieron cumplir otras actividades programadas.	En este punto se consideran todas las causas de incumplimiento relacionadas a la falla en la entrega de algún recurso subcontratado o al atraso debido al no cumplimiento de alguna labor encargada a una subcontrata.
CAUSAS DE	EQUIPOS (EQ)	ADMINISTRATIVOS (ADM)	INGENIERIA (ING)
DESCRIPCION	Todas las causas que implican averías o fallas en los equipos que no permitieron el cumplimiento de las actividades del Plan Semanal. Están incluidos los mantenimientos no programados de equipos.	Todas las causas que implican: *No llegada del personal especializado (incluido subcontratos). *Falta de permisos y licencias.	Todas las causas que implican: *Cambios y/o actualizaciones del proyecto de arquitectura y/o ingeniería.
CAUSAS DE	EXTERNOS (EXT)		
DESCRIPCION	Todas las causas que implican: *Retrasos por razones climáticas extraordinarias. *Eventos extraordinarios como marchas sindicales sin previo aviso, huelgas, accidentes, etc.		

Fuente: HV Contratistas

En nuestro lookahead planning (3 week) se muestran las actividades a realizar en las 3 semanas, lo cual se indica por sector, esta sectorización está dada por nuestra planificación maestra para la ejecución de dichos trabajos en los sectores mostrados a continuación:



**Ilustración 3.8 Sectorización área de sótano**

**Tabla 3.36 : lookahead planning 3 week**

				SEMANA 20							SEMANA 21							SEMANA 22						
Nombre de tarea	Cronograma			MAYO							MAYO							JUNIO						
	Duración	Comienzo	Fin	Lun	Mar	Me	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Me	Jue	Vie	Sab	Dom	Lun	Mar	Me	Jue	Vie	Sab	Dom
				14-May	15-May	16-May	17-May	18-May	19-May	20-May	21-May	22-May	23-May	24-May	25-May	26-May	27-May	28-May	29-May	30-May	31-May	1-Jun	2-Jun	3-Jun
HOTEL HOLIDAY INN PIURA																								
OBRAS PROVISIONALES	325 días	20-feb-18	10-ene-19																					
Trazo y replanteo	256 días	06-mar-18	10-ene-19																					
EXCAVACION Y MURO PANTALLA	78 días	19-mar-18	04-jun-18																					
EXCAVACION	58 días	20-mar-18	16-may-18																					
Excavacion masiva	47 días	20-mar-18	16-may-18																					
Bombeo de napa freática	41 días	27-mar-18	16-may-18																					
MURO PANTALLA	70 días	27-mar-18	04-jun-18																					
ZAPATA	72 días	27-mar-18	21-jun-18																					
Excavación localizada	64 días	27-mar-18	12-jun-18	S2	S2	S2	S4	S4	S4		S4	S4	S4	S4	S4	S5		S5	S5	S5	S5	S5	S5	
Acero en zapatas	68 días	28-mar-18	18-jun-18	S2	S2	S2	S2	S4	S4		S4	S4	S4	S4	S4	S4		S5	S5	S5	S5	S5	S5	
Encofrado en zapatas	66 días	05-abr-18	21-jun-18	S2	S2	S2	S2	S2	S4		S4	S4	S4	S4	S4	S4		S4	S5	S5	S5	S5	S5	
Concreto en zapatas	67 días	04-abr-18	21-jun-18	S2	S2	S2	S2	S2	S2		S4	S4	S4	S4	S4	S4		S4	S4	S5	S5	S5	S5	
MURO	46 días	11-abr-18	04-jun-18																					
Acero en muro	42 días	11-abr-18	30-may-18	S3	S3	S3	S3	S3	S3		S3	S4	S4	S4	S4	S4		S5	S5	S5				
Encofrado en muro	44 días	12-abr-18	02-jun-18	S3	S3	S3	S3	S3	S3		S3	S3	S4	S4	S4	S4		S4	S5	S5	S5	S5	S5	
Concreto en muro	44 días	13-abr-18	04-jun-18	S3	S3	S3	S3	S3	S3		S3	S3	S3	S4	S4	S4		S4	S4	S4	S4	S5	S5	
Adicional de demolición de zapata	24 días	18-abr-18	16-may-18																					
CASCO	76 días	16-abr-18	30-jun-18																					
SÓTANO 01	73 días	19-abr-18	30-jun-18																					
ESTRUCTURAS (Verticales)	58 días	19-abr-18	26-jun-18																					
Instalaciones	55 días	19-abr-18	22-jun-18	S2	S2	S2	S2	S2	S2		S3	S3	S3	S4	S4	S4		S4	S4	S4	S4	S4	S4	
Acero	55 días	20-abr-18	23-jun-18	S3	S3	S3	S3	S3	S3		S3	S3	S3	S3	S4	S4		S4	S4	S4	S4	S4	S4	
Encofrado	55 días	21-abr-18	25-jun-18	S3	S3	S3	S3	S3	S3		S3	S3	S3	S3	S3	S4		S4	S4	S4	S4	S4	S4	
Concreto	55 días	23-abr-18	26-jun-18	S3	S3	S3	S3	S3	S3		S3	S3	S3	S3	S3	S3		S4	S4	S4	S4	S4	S4	
Bombeo de napa freática	42 días	09-may-18	26-jun-18																					
LOSA DE PISO	41 días	23-abr-18	09-jun-18																					
Relleno localizado	40 días	23-abr-18	08-jun-18	S1	S1	S1	S1	S2	S2		S2	S2	S2	S2	S2	S2		S3	S3	S3	S3	S3	S3	
Instalaciones	40 días	23-abr-18	08-jun-18	S1	S1	S1	S1	S2	S2		S2	S2	S2	S2	S2	S2		S3	S3	S3	S3	S3	S3	
Concreto en losa de piso	24 días	14-may-18	09-jun-18	S1	S1	S1	S1	S1	S1		S2	S2	S2	S2	S2	S2		S3	S3	S3	S3	S3	S3	

**Fuente:** HV Contratistas

### PASO 3:

#### EVALUACION SEMANAL

Se realiza una evaluación semanal en donde se podrá identificar las actividades programadas ejecutadas en esa semana tal como se indica en la tabla 3.33 porcentaje de actividades cumplidas(PAC) y la gráfica donde nos muestra el resumen de la semana de acuerdo al porcentaje del cumplimiento.

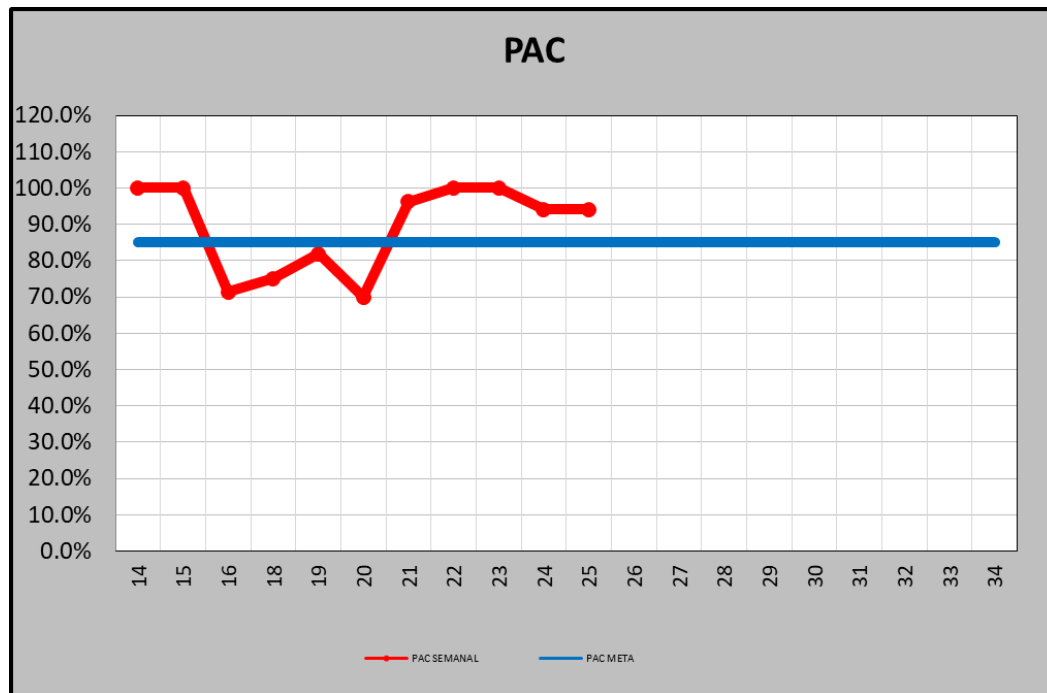
**Tabla 3.37 : evaluación semanal de lookahead planning**

Nombre de tarea	Cronograma			Cronograma Reprogramado			SEMANA						
	Duración	Comienzo	Fin	Duración	Comienzo	Fin	AVANCE ACTUAL POR DÍA						
							Lun	Mar	Mie	Juev	Vier	Sab	
							14-May	15-May	16-May	17-May	18-May	19-May	
<b>HOTEL HOLIDAY INN PIURA</b>													
<b>OBRAS PROVISIONALES</b>	325 días	20-feb-18	10-ene-19										
Trazo y replanteo	256 días	06-mar-18	10-ene-19										
<b>EXCAVACION Y MURO PANTALLA</b>	52 días	19-mar-18	09-may-18										
<b>EXCAVACION</b>	50 días	20-mar-18	08-may-18										
Excavacion masiva	40 días	20-mar-18	16-may-18										
Bombeo de napa freática	34 días	27-mar-18	16-may-18										
<b>MURO PANTALLA</b>	70 días	27-mar-18	04-jun-18										
<b>ZAPATA</b>	72 días	27-mar-18	21-jun-18										
Excavación localizada	64 días	27-mar-18	12-jun-18				S2	S2	S2	S4	S4	S4	
Acero en zapatas	68 días	28-mar-18	18-jun-18				S2	S2	S2	S2	S4	S4	
Encofrado en zapatas	66 días	05-abr-18	21-jun-18				S2	S2	S2	S2	S2	S4	
Concreto en zapatas	67 días	04-abr-18	21-jun-18				S2	S2	S2	S2	S2	S2	
<b>MURO</b>	46 días	11-abr-18	04-jun-18										
Acero en muro	42 días	11-abr-18	30-may-18				S3	S3	S3	S3	S3	S3	
Encofrado en muro	44 días	12-abr-18	02-jun-18				S3	S3	S3	S3	S3	S3	
Concreto en muro	44 días	13-abr-18	04-jun-18				S3	S3	S3	S3	S3	S3	
Adicional de demolición de zapata	24 días	18-abr-18	16-may-18										
<b>CASCO</b>	76 días	16-abr-18	30-jun-18										
<b>SÓTANO 01</b>	73 días	19-abr-18	30-jun-18										
<b>ESTRUCTURAS (Verticales)</b>	58 días	19-abr-18	26-jun-18										
Instalaciones	55 días	19-abr-18	22-jun-18				S2	S2	S2	S2	S2	S2	
Acero	55 días	20-abr-18	23-jun-18				S3	S3	S3	S3	S3	S3	
Encofrado	55 días	21-abr-18	25-jun-18				S3	S3	S3	S3	S3	S3	
Concreto	55 días	23-abr-18	26-jun-18				S3	S3	S3	S3	S3	S3	
Bombeo de napa freática	42 días	09-may-18	26-jun-18										
<b>LOSA DE PISO</b>	41 días	23-abr-18	09-jun-18										
Relleno localizado	40 días	23-abr-18	08-jun-18				S1	S1	S1	S1	S2	S2	
Concreto en losa de piso	24 días	14-may-18	09-jun-18				S1	S1	S1	S1	S2	S2	
Concreto en losa de piso	24 días	14-may-18	09-jun-18				S1	S1	S1	S1	S1	S1	

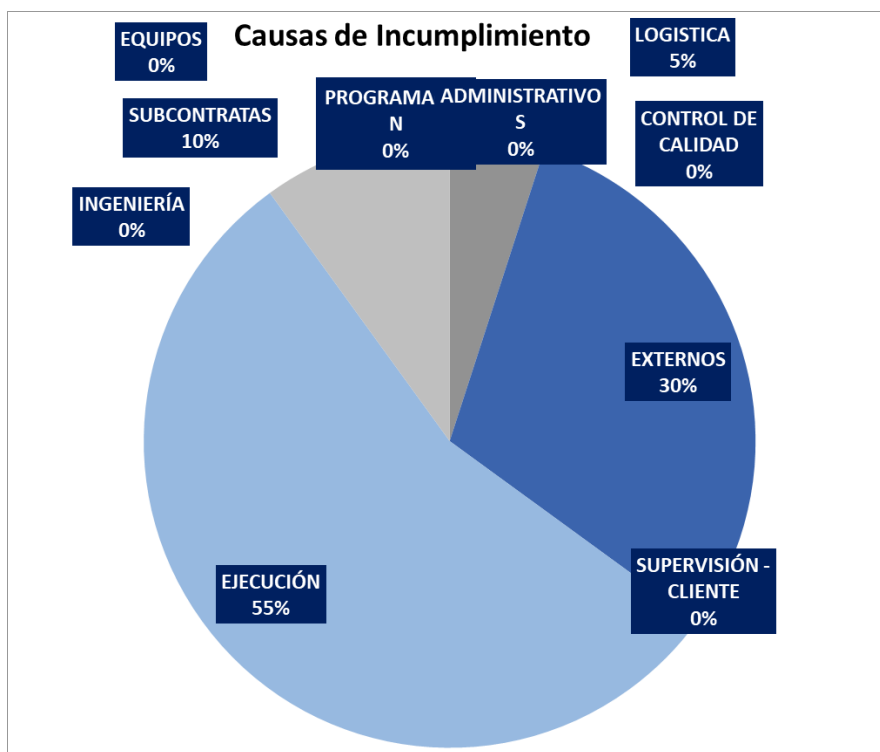
**Tabla 3.38 : Porcentaje de actividades cumplidas**

PORCENTAJE DE ACTIVIDADES CUMPLIDAS					
SEMANA	14	15	16	18	19
PAC META	85%	85%	85%	85%	85%
PAC SEMANAL	100%	100%	71%	75%	82%





**Gráfico 3.10 : porcentaje de actividades cumplidas**



**Ilustración 3.9 : Causas de incumplimiento**

En la ilustración 3.9 se muestra también el porcentaje de las causas de incumplimiento de las actividades programadas en la semana y los responsables de las mismas.

### 3.3.7 Procedimiento para programación diaria (pizarras)

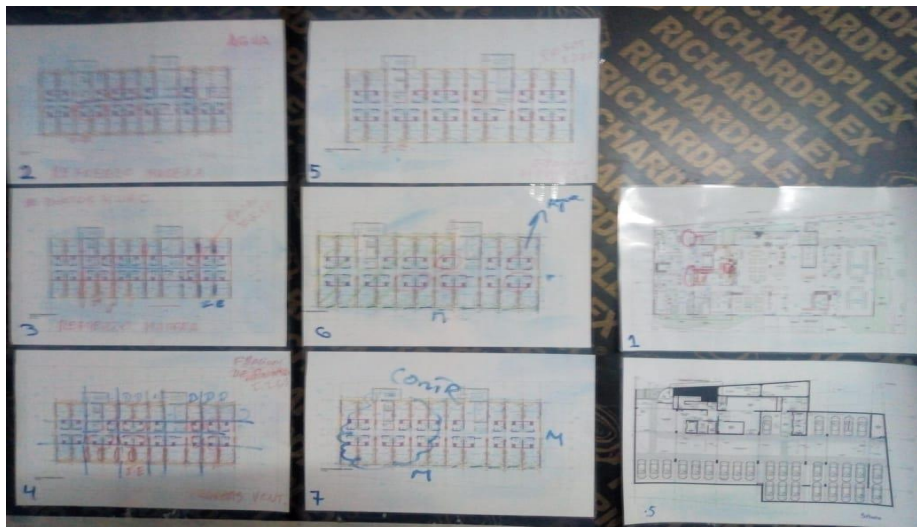
Esta metodología nos ayuda a planificar el trabajo para el día siguiente y la distribución de las cuadrillas.

La reunión se realiza después de la jornada laboral en promedio 30 minutos donde participan todos los jefes de área, ingenieros de construcción, capataces y jefes de grupo.



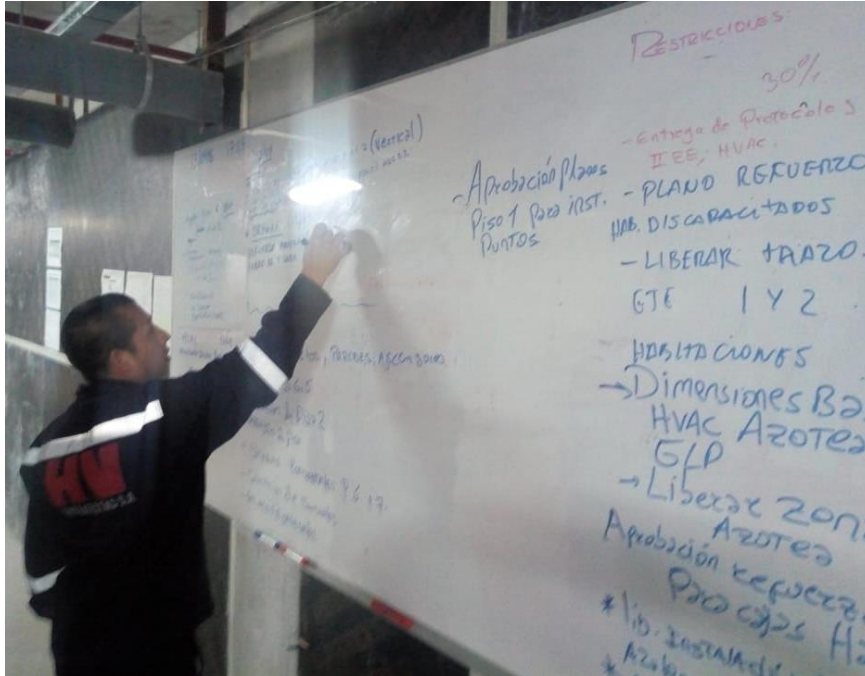
**Imagen 3.1: reunión para programación diaria**

En las pizarras se colocan los trabajos a realizar para el día siguiente y los planos de obra en planta señalizando los sectores de trabajo que se vienen ejecutando a la fecha.



**Imagen 3.2 : designación de trabajos en programación diaria**

Cada capataz o jefe de grupo en coordinación con el ingeniero de construcción distribuye al personal graficando la ubicación en el plano de planta para luego tomar los compromisos de los trabajos a ejecutar al día siguiente. En esta reunión nos ayuda a identificar restricciones en el corto y mediano plazo para poder ser levantadas por la línea de mando al que le corresponda.



**Imagen 3.3 : Programación diaria**

La programación en pizarras se lleva al formato de trabajo diario y se imprime al día siguiente para que el capataz o jefe de grupo sepa que trabajos va a ejecutar y para aminorar el tiempo en coordinación.

**Tabla 3.39 : formato de actividades planificadas**

NOMBRE DEL PROYECTO						SUPERVISION DE PROYECTO					
NOMBRE DEL FRETE DE TRABAJO						FECHA DE EJECUCION					
ACTIVIDADES PLANIFICADAS											
ITEM	ACCION CONSTRUCTIVA	UBICACIÓN	SITUACION DE ACCION	CUADRILLA	EJECUTOR	CANTIDAD DE PERSONAL	INICIO	FIN	TIEMPO DE EJECUCION	CUMPLIMIENTO	RESTRICCIONES
1	Colocación de refuerzos metalicos en habitaciones	Nivel 5	Rutinaria	Drywall	Jorge Gomez	8	07:50	17:00	8.5		Liberar trazos en eje 1 y 2
2	Colocación de refuerzos metalicos para cajas en habitaciones	Nivel 4	Rutinaria	Drywall	Jorge Gomez	5	07:50	17:00	8.5		Aprobación de refuerzos por parte de supervisión
3	Construcción de bases para equipos de HVAC, GLP.	Azotea	Rutinaria	Topografia	Jorge Estremadoyro	3	07:50	17:00	8.5		Confirmar dimensiones de bases(Supervisión) / Liberar zona de azotea
4	Vaciado de contrapiso	Nivel 2	Rutinaria	Concreto	Osmar Mengoa	6	07:50	17:00	8.5		Llegada de mixer con concreto a
5	Colocación de refuerzos de madera en habitaciones de discapacitados	Nivel 2	Nueva	Drywall	Jorge Gomez	4	07:50	17:00	8.5		Aprobación de refuerzos por parte de supervisión
6	Solaqueo de muros	Nivel 1	Nueva	Concreto	Jorge Esstremadoyro	4	07:50	17:00	8.5		-
7	Instalación de tubería de agua y desagüe en habitaciones	Nivel 3	Rutinaria	Inst.sanitarias	Julio Mendivil	6	07:50	17:00	8.5		-
COMENTARIO DE QUIEN PLANIFICA											
NOMBRE DE QUIEN PLANIFICA						NOMBRE V B* RESPONSABLE			V B * AREA DE SSOMA DEL PROYECTO		

Se observa en el formato de trabajo diario las actividades por cumplir, planificadas con un día de anticipación, en conjunto con todo el equipo de trabajo como se indicó en puntos anteriores.

Se muestran las restricciones que se presentan para el cumplimiento de las actividades, restricciones que deben ser levantadas por el personal que le corresponda, por ejemplo:

En el ítem 1 se necesita colocar refuerzos metálicos en habitaciones (dentro del proceso constructivo, para la colocación de drywall se necesita haber colocado antes parantes metálicos como refuerzos), pero para ello la cuadrilla de topografía realiza los trazos respectivos para su colocación, estos trazos deben ser aprobados por supervisión dando el visto bueno en campo. En este caso el jefe de campo debe coordinar con supervisión un horario para poder liberar en campo los trazos mencionados pudiendo así realizar la acción constructiva y por consiguiente eliminar la restricción.

Este proceso iterativo provoca una retroalimentación con las conclusiones obtenidas del análisis del cumplimiento diario a semanal que puede introducir modificaciones en el programa maestro y en la planificación intermedia.

### 3.4 Técnicas e instrumentos

La técnica que se realiza es el método de la observación y recolección de datos.

**Tabla 3.40: Técnicas e instrumentos**

Indicador	Tecnica	Instrumento	Unidad de analisis
Tiempos muertos y trabajo no Contributorio	Observación y análisis cuantitativo	Nivel General de Actividades	Operarios
Cuadrillas de trabajo no balanceadas	Observación y análisis cuantitativo	Carta Balance	Operarios
Cuantificación de hh perdidas o ganadas	análisis cuantitativo	I.S.P	partidas específicas
plazos de ejecución en actividades	análisis cuantitativo	lookahead	Obra en general
plazos de ejecución en actividades	análisis cuantitativo	Ciclograma	Obra en general
plazos de ejecución en actividades	análisis cuantitativo	Programación semanal/diaria	Obra en general

**Tabla 3.41 : Instrumentos de recolección**

Herramienta	Indicador	Instrumento de registro
Nivel General de Actividades	Nivel de productividad	Papel y lápiz(formato),Cámara fotográfica, Cámara de video
Carta Balance	Nivel de productividad	Papel y lápiz(formato),Cámara fotográfica, cámara de video
I.S.P	Cuantificación de hh perdidas o ganadas	Herramienta virtual microsoft excel (formato)
lookahead	plazos de ejecución en actividades	Programa microsoft Excel (formato)
Ciclograma	plazos de ejecución en actividades	Programa microsoft Excel (formato)
Programación semanal/diaria	plazos de ejecución en actividades	Planos ploteados, plumones, pizarra acrílica, cámara fotográfica
Valor ganado	Programación, Costo	Programa microsoft Excel (formato)

### 3.5 Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación se ha realizado durante la ejecución del **HOTEL HOLIDAY INN-PIURA**, haciendo uso de herramientas y formatos para obtener un muestreo del trabajo realizado por el personal obrero, no representando ningún riesgo, daño a la salud, moral o integridad de quienes participaron en él, razón por la cual se ha mantenido en reserva

los datos personales de las personas estudiadas. Para la Toma de datos se contó con la aprobación de la empresa contratista

Asimismo se recalca la originalidad de la presente investigación, caso contrario haciéndose responsable de acuerdo a lo establecido en el Art. N° 411, del código Penal concordante con el Art. 32° de la Ley N° 27444, y Ley del Procedimiento Administrativo General y las Normas Legales de Protección a los Derechos de Autor.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSION**

### **4.1 Resultados**

#### **4.1.1 El método del valor ganado mide desempeño y estado del proyecto.**

El método del valor ganado como se ha mostrado anteriormente durante su procedimiento, es una herramienta eficaz para controlar y juzgar como se está ejecutando el proyecto ya que nos muestra el índice del rendimiento del costo (CPI) y el índice de rendimiento del cronograma (SPI) los cuales más cerca estén a la cifra 1 más probable es que un proyecto se termine a tiempo y dentro del presupuesto.

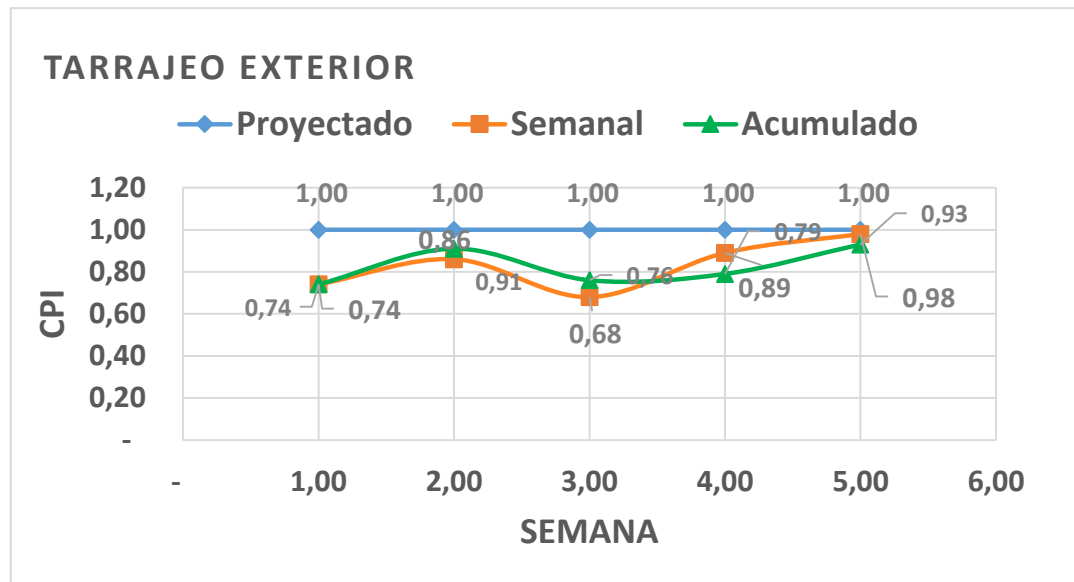
*Si CPI es igual a 1.0, el proyecto se encuentra de acuerdo a lo planeado, así que el EAC será igual al presupuesto actual del proyecto.*

*Si  $CPI < 1.0$ , se está por encima del presupuesto, el EAC será mayor que el presupuesto original del proyecto.*

*Si  $CPI > 1.0$ , se está por debajo del presupuesto entonces el EAC será menor que el presupuesto actual del proyecto.*

Durante la evaluación de las 5 semanas en la partida de tarrajeo de fachada se ha ido controlando semana a semana tanto el cumplimiento de la meta establecida como el costo, mano de obra, herramientas y materiales, evitando así el despilfarro de nuestros recursos mediante acciones correctivas.

## Resumen gestión del valor ganado

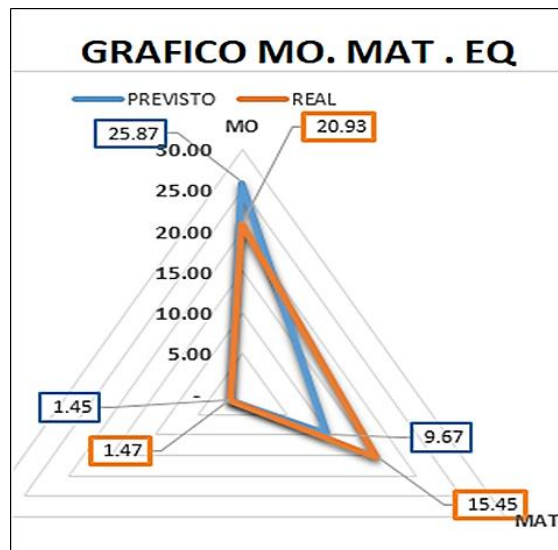


**Gráfico 4.1: Resumen CPI para tarrajeo exterior**

### SEMANA 05:

- **CPI: 0.98**
- **SPI: 1.18**

Se observa en las gráficas que se cierra la partida de tarrajeo de fachada con un CPI: 0.98 y SPI: 1.18 lo cual nos indica que a nivel de costo se pudo recuperar o estabilizar, ya que estuvo muy cerca a la unidad y en cuestión de cumplimiento de cronograma se ha culminado dentro de la fecha establecida, resaltando entonces la importancia de esta herramienta para el control de nuestros recursos y así evitar mayores pérdidas de los mismos.



**Gráfico 4.2: recursos presupuestados y ejecutado real EVM semana 5**

#### 4.1.2 El ciclograma y last planner system controlan cronograma y cumplimiento de actividades programadas.

Se busca estandarizar el uso de las herramientas para el control del tiempo para poder cumplir con el cronograma y/o plazo establecido para eso hemos hecho uso de los ciclogramas y las herramientas basadas en el sistema last planner como son el lookahead planning y programaciones diarias

##### 4.1.2.1 Ciclograma

En el ejemplo mencionado en la metodología de ésta herramienta, se buscó dar cumplimiento de las partidas dentro del plazo establecido. Se realizó la programación del Hito n° 02 lo cual se cumplió con éxito y se logró mediante una buena sectorización, balance de cuadrillas, metrados y un tren de trabajo conformado por estaciones las cuales están definidas por los diferentes sectores lo cual hace que sea un sistema balanceado de producción constante en el cual se genera cuadrillas muy especializadas en una única actividad y que ha exigido un compromiso del equipo de obra.

##### 4.1.2.2 Last planner system

El Lookahead planning y programaciones diarias nos ayudaron mucho para el cumplimiento de actividades dentro del cronograma y esto se ha basado en controlar la producción manejando la incertidumbre y variabilidad para el cumplimiento de los plazos. Al evaluar las partidas a plazos más cortos se ha podido liberar de las restricciones que se iban presentando durante la ejecución del proyecto, las mismas restricciones que han sido liberadas o levantadas con el compromiso de la línea de mando encargada.

El Sistema last planner no es una metodología que reemplace o compita con los métodos tradicionales de barras y de redes, si no que los complementa y enriquece. Mientras que los métodos de redes como el MS PROJECT manejan el camino crítico y fechas, el sistema last planner se preocupa de manejar la variabilidad y manejar los flujos de trabajo mediante un control de porcentaje de actividades cumplidas.

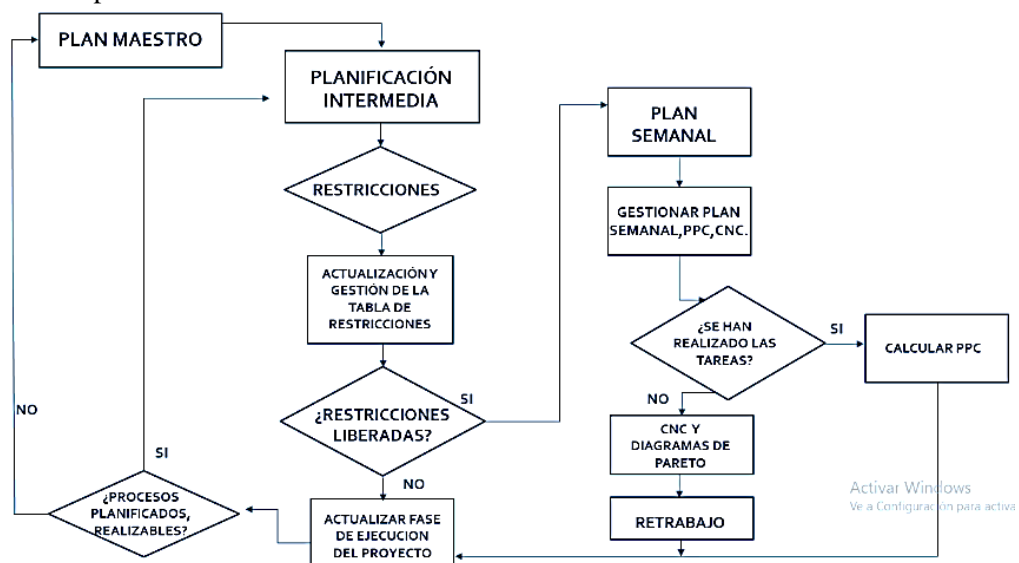
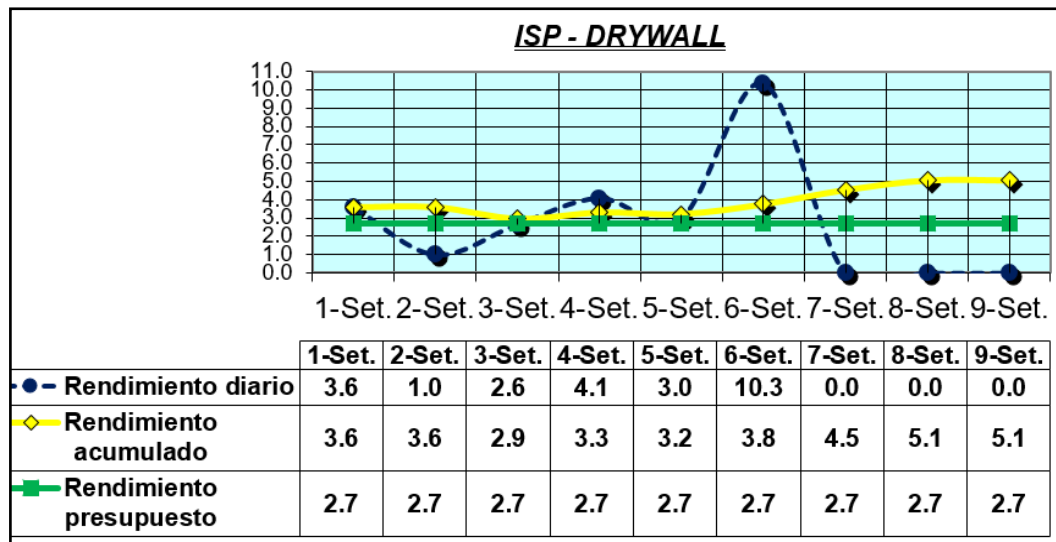


Gráfico 4.3 : Diagrama de flujo LPS



#### 4.1.3 El ISP (informe semanal de productividad) compara nivel de productividad de partidas específicas de acuerdo a rendimiento de presupuesto.

El informe semanal de productividad como en el ejemplo de la partida de drywall nos indican cuan productivo está siendo nuestro personal de acuerdo al avance semanal ejecutado en dicha partida, teniendo además las horas hombre utilizadas en la semana, podemos comparar con nuestro rendimiento presupuestado y de acuerdo a eso tomar acciones correctivas para mejorar los resultados, los cuales no se debían exactamente a la ineficiencia del personal sino estaba relacionado al tema de levantamiento de restricciones por parte de la línea de mando lo que ocasionaba retrasos en la producción y por consiguiente despilfarro de las horas hombre en actividades que no aportaban valor



**Gráfico 4.4 : Informe semanal de productividad (Drywall)**

Los dos primeros días se observa un Ip de 3.6 esto debido a la poca productividad de la cuadrilla, el día 03 de setiembre mejora el I.p con 2.9 acercándose al rendimiento de presupuesto que es 2.7, pero finalmente cierra la semana con un índice de productividad de 5.1 esto debido a falta de material, falta de coordinación por la línea de mando para eliminar las debidas restricciones. Lo que se resumen en lo siguiente:

**Tabla 4.1 : Calculo de recursos**

	previsto	Saldo
metrado	5,676.50	5,446.11
lpreal	2.7	5.1
hhsaldo	27,775.16	(a)
tiempo :	8	sem (t)
hh normales :	48	hrs (hr)
n personas	72	= (a/ (t*hr))
real :	40	

Nos queda por ejecutar un total de 5446.11 m<sup>2</sup> de drywall lo que multiplicado por el I.p final de la semana que es 5.1 hh/m<sup>2</sup> nos quedan 27775.16 hh.

$$5446.11 \text{ m}^2 \times 5.1 \frac{\text{hh}}{\text{m}^2} = 27775.16 \text{ hh}$$

De la fórmula del rendimiento antes mencionada despejamos de la siguiente manera para saber el número total de personas supuestamente utilizadas de acuerdo al rendimiento presupuestado.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ personas} \times \text{N}^\circ \text{ total de horas}}{\text{Total de trabajo ejecutado (m}^2\text{)}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ Personas} = \frac{\text{Rendimiento} \times \text{Total de trabajo ejecutado}}{\text{N}^\circ \text{ total de horas}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ Personas} = \frac{27775.16 \text{ horas hombre}}{8 \text{ semanas} \times 48 \text{ horas}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ personas} = 72$$

Se obtiene que se utilizarían 72 personas con el rendimiento hallado para poder culminar lo planificado, lo cual no es nada productivo ni muchos menos rentable ya que se ha presupuestado lograr la meta con 40 personas.

## RECOMENDACIONES

Orientar a la cuadrilla de drywall, una buena distribución o balance del personal en los diferentes niveles del edificio podría ser causa de la baja productividad así como tiempos muertos por parte del personal, lo cual debe mitigarse por medio de una buena supervisión y una buena planificación de las actividades a realizar, como ya se ha visto con la programación diaria.

Eliminar todo tipo de restricciones que se presenten para poder ejecutar la respectivas actividades y poder lograr la productividad deseada.

### 4.1.4 Las cartas balance y nivel general de actividades optimizan los recursos, procesos constructivos y además cuantifican la ocupación del tiempo y porcentaje de productividad a nivel general de obra y por cuadrillas específicas.

Dentro de las herramientas de control parte de ellas están basadas en la filosofía lean construction, esto quiere decir que parten de la idea de construir sin pérdidas mediante la mejora continua, esto se logra identificando los niveles de productividad de las diferentes partidas y a nivel general de la obra así mismo hallando las actividades que no agregan valor positivo para así poder disminuirlas en lo posible.

Esta cuantificación y posterior optimización de recursos y procesos se logra mediante un estudio de tiempos en los dos diferentes formatos como son: nivel general de actividades y cartas balance.

Las herramientas idóneas para poder hallar los niveles de productividad son nivel general de obra y las cartas balance las cuales muestran estos niveles por partidas

específicas y por personal dentro de la cuadrilla lo cual en este caso fueron para la partida de tarrajeo de fachada

### Nivel general de actividades

Es importante llevar un control del tiempo de ocupación de las actividades que realizan los trabajadores, ya que esto define cuan eficientes estamos siendo dentro de un tiempo diario y en qué condiciones de trabajo se encuentran, para así poder tomar acciones correctivas que nos permitan lograr resultados óptimos.

Se ha hecho toma de mediciones del mes de Octubre del año 2018 en donde se verá el nivel de productividad encontrado en obra, en donde ya no se contaba con el apoyo de la grúa torre.

Es importante medir el nivel de productividad de la obra en general y tratar de mejorar las observaciones descritas en cada muestra de medición.

Mediante este muestreo se pueden tomar decisiones para la mejora de la productividad la cual puede ser deficiente debido a transporte de materiales, levantamiento de restricciones, poca eficiencia del personal o algún otro cuello de botella que afecta en la producción

### Toma de mediciones (mes de octubre año 2018)

#### Resultados obtenidos en la muestra N°01

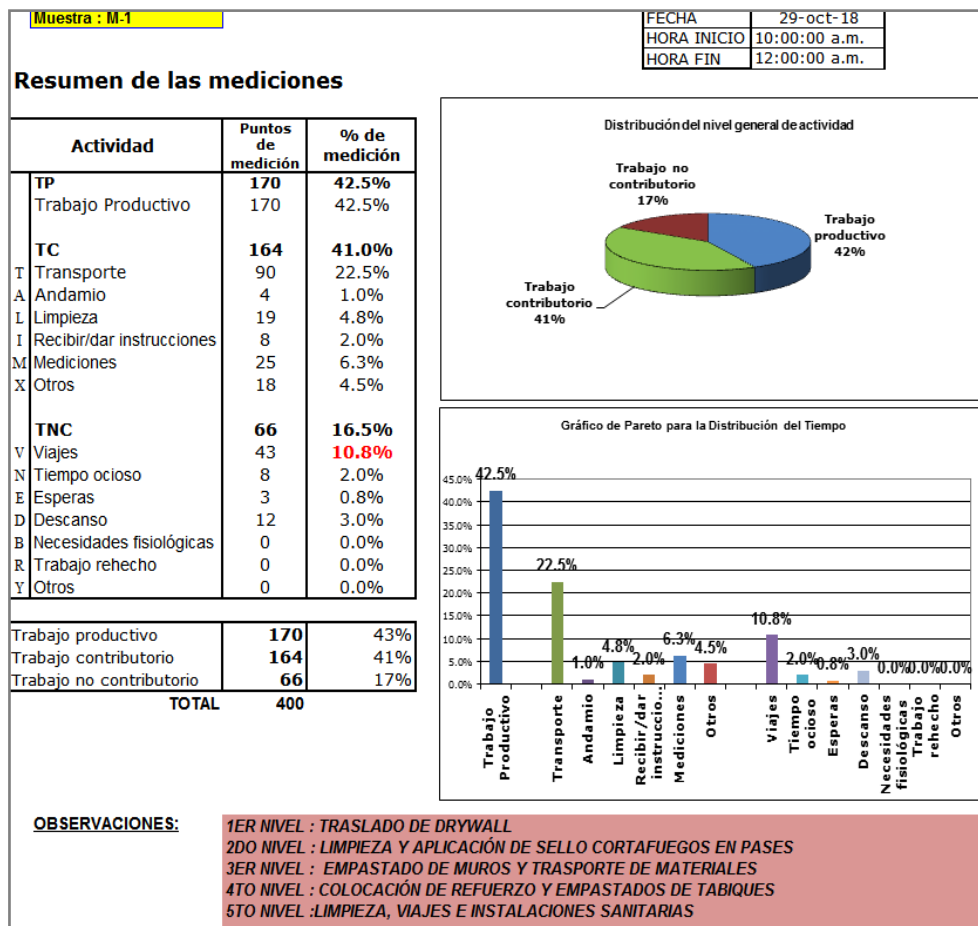


Imagen 4.1 Resumen de mediciones muestra 1

## Resultados obtenidos en la muestra N°02

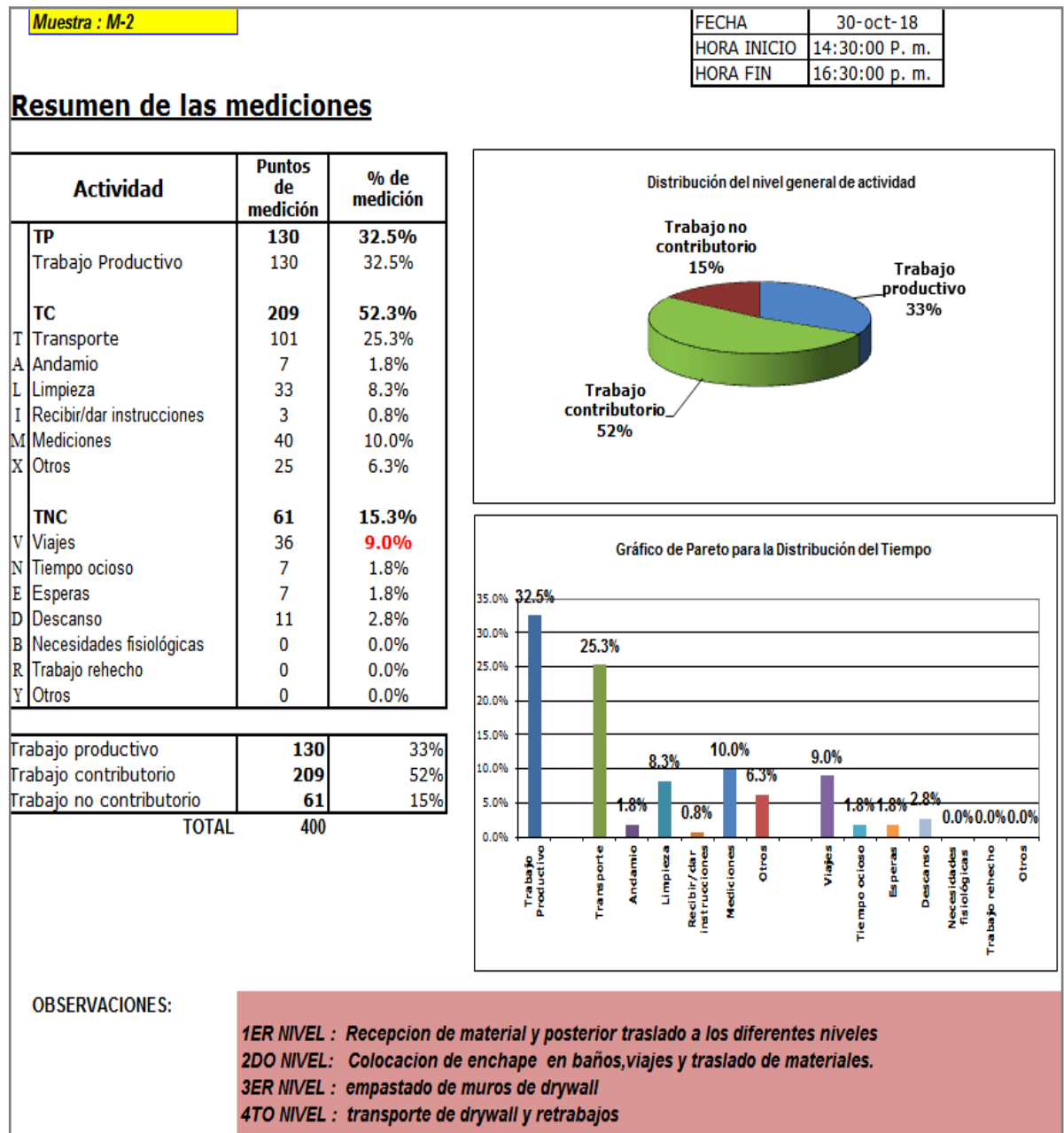
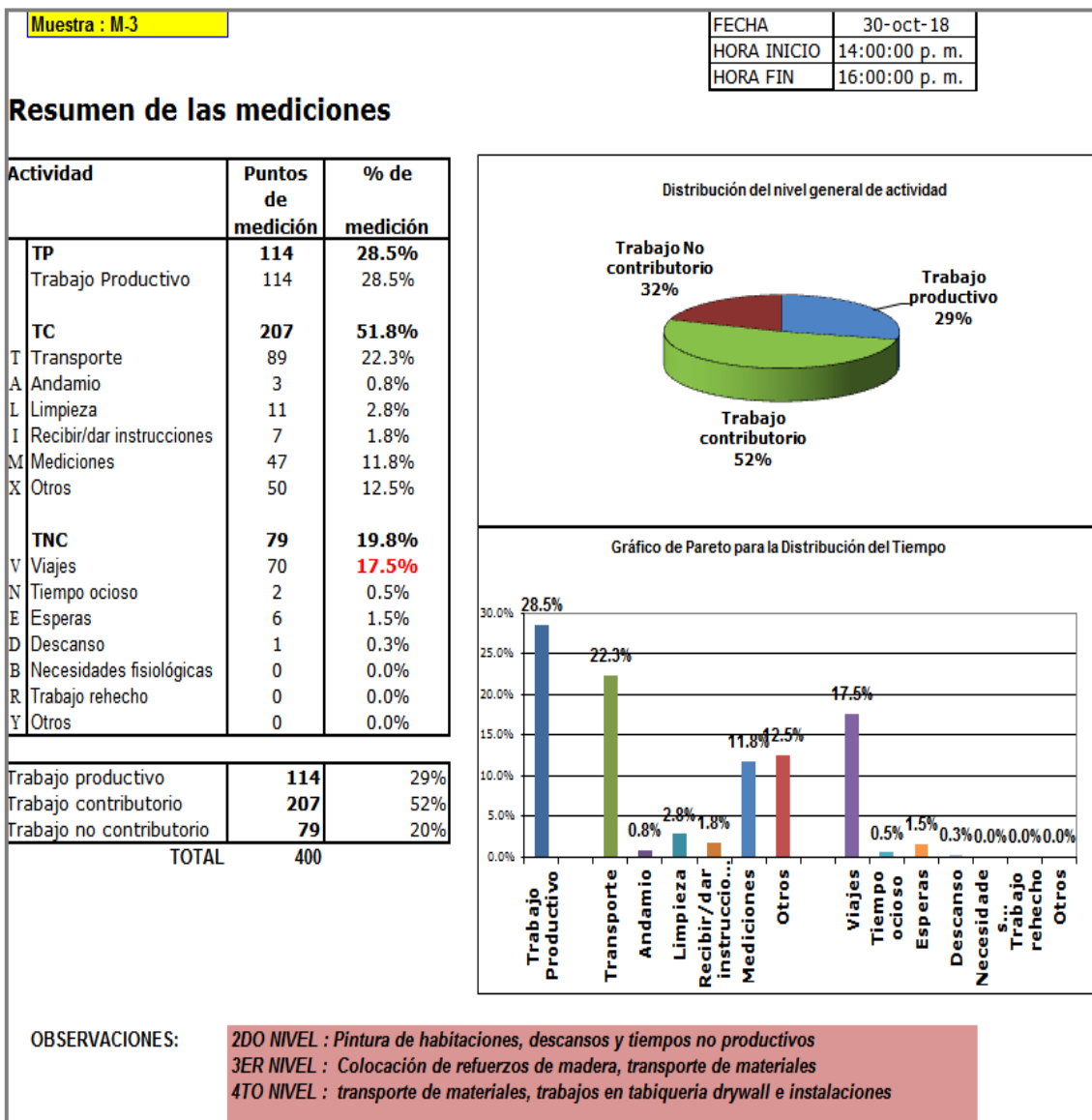


Imagen 4.2: Resumen de mediciones muestra 2

### Resultados obtenidos en la muestra N°03:



**Imagen 4.3: Resumen de mediciones muestra 3**

Fuente: Elaboración propia

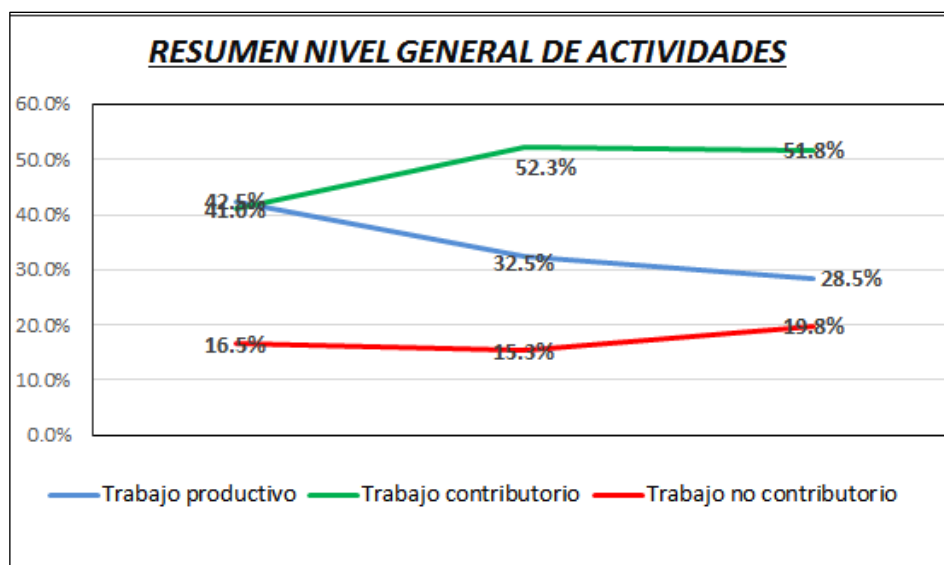
Tabla 4.2: Resumen de mediciones

# Resumen de las mediciones

			M1		M2		M3	
			Zona: 2do al 4to nivel (29-10-18)		Zona: 2do al 4to nivel (30-10-18)		Zona: 2do al 4to nivel 30-10-18)	
	DESCRIPCIÓN	CODIGO	% PARCIAL	% TOTAL	% PARCIAL	% TOTAL	% PARCIAL	% TOTAL
TP	Excavacion, Perfilado, Acero, Encofrado y Concreto.	P	42.5%	42.5%	32.5%	32.5%	28.5%	28.5%
TC	Transporte	T	22.5%	41.0%	25.3%	52.3%	22.3%	51.8%
	Andamio	A	1.0%		1.8%		0.8%	
	Limpieza	L	4.8%		8.3%		2.8%	
	Recibir/dar instrucciones	I	2.0%		0.8%		1.8%	
	Mediciones	M	6.3%		10.0%		11.8%	
	Otros	X	4.5%		6.3%		12.5%	
TNC	Viajes	V	10.8%	16.5%	9.0%	15.3%	17.5%	19.8%
	Tiempo ocioso	N	2.0%		1.8%		0.5%	
	Esperas	E	0.8%		1.8%		1.5%	
	Descanso	D	3.0%		2.8%		0.3%	
	Necesidades fisiológicas	B	0.0%		0.0%		0.0%	
	Trabajo rehecho	R	0.0%		0.0%		0.0%	
	Otros	Y	0.0%		0.0%		0.0%	
			29/10/2018	30/10/2018	30/10/2018			
Trabajo productivo			42.5%	32.5%	28.5%			
Trabajo contributorio			41.0%	52.3%	51.8%			
Trabajo no contributorio			16.5%	15.3%	19.8%			
RESUMEN			TP	TC	TNC			
Valores Promedio			35%	48%	17%			

En la muestra 1 tomada el día 29 de octubre se obtuvo 42.5% de Trabajo productivo, 41% de trabajo contributorio y 16.5% de trabajo no contributorio y así sucesivamente para los demás días como se puede observar en la tabla de resumen 4.1.

\*Se observa también el resumen de trabajo de los tres días (Ver valores promedios en gráfico 4.3)



**Gráfico 4.5 : Resumen nivel general de actividades**

Teniendo toda esta información se elabora el informe final con el resultado promedio de las tres mediciones de lo cual concluimos:

**Interpretación de resultados:**

En términos prácticos, obtuvimos que de las 8.5 horas de jornada laboral, el obrero le dedica 2.9 horas a actividades productivas, 4.1 horas a actividades que contribuyen a las anteriores, y 1.5 horas a actividades que no generan valor.

**Comentarios:**

El trabajo productivo en promedio es de 41%, aun así se observa un declive del mismo el día 30 de Octubre debido a Transportes y Viajes.

Sobre el trabajo contributorio, el mayor porcentaje de tiempo corresponde a la actividad de transportar objetos (25.3%) manualmente durante el proceso de construcción. La reducción de esta actividad influirá en el resultado de los trabajos planificados, ya que el tiempo es uno de los principales recursos cuyo uso es necesario para optimizar y aumentar la productividad.

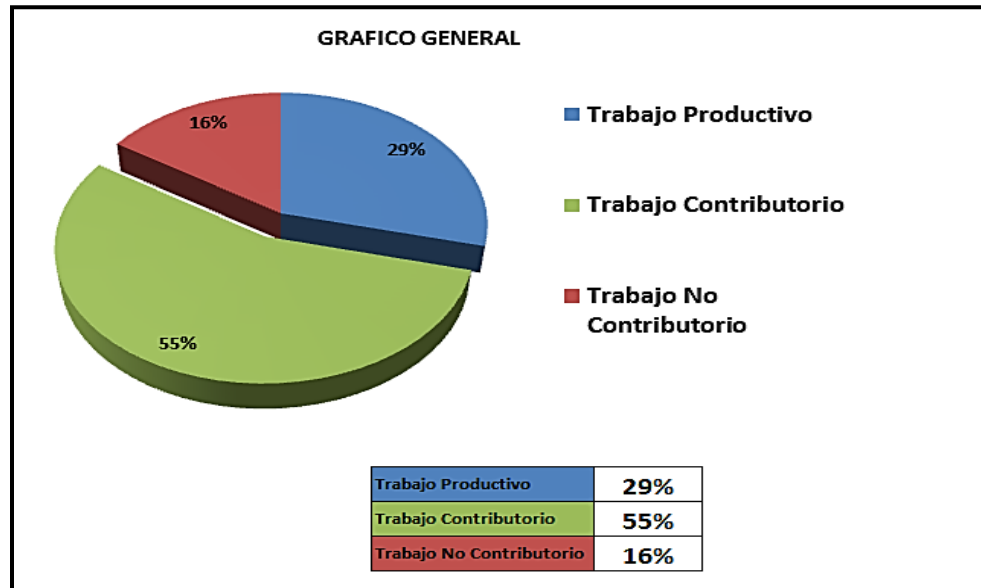
Sobre el trabajo no contributorio, los dos más resaltantes son los viajes y las esperas; los viajes son originados por el transporte de material manual a pie de obra en este caso se observó más el día 30 de Octubre, esto genera esperas del personal que es la segunda causa de trabajo no contributorio. También la reducción de tiempos de descansos o simulación de Trabajo por parte del personal, se verá reflejada en una mejora de la productividad.

**Observaciones y recomendaciones:**

Se recomienda disminuir la actividad de acarreo de materiales o tratar de programarse mejor con respecto al personal dedicado a esto, a la vez disminuir los viajes innecesarios observados en su mayoría el día 30/10/18 lo cual se debe a falta de grúa torre para la movilización de materiales a los diferentes niveles.

## Cartas balance

### Carta balance tarrajeo de fachada



**Gráfico 4.6 : Grafico general de productividad**

#### Evaluación de los resultados:

Cuadrilla (8 personas)

2 Operarios (Colocación de mezcla y Alisado de tarrajeo)

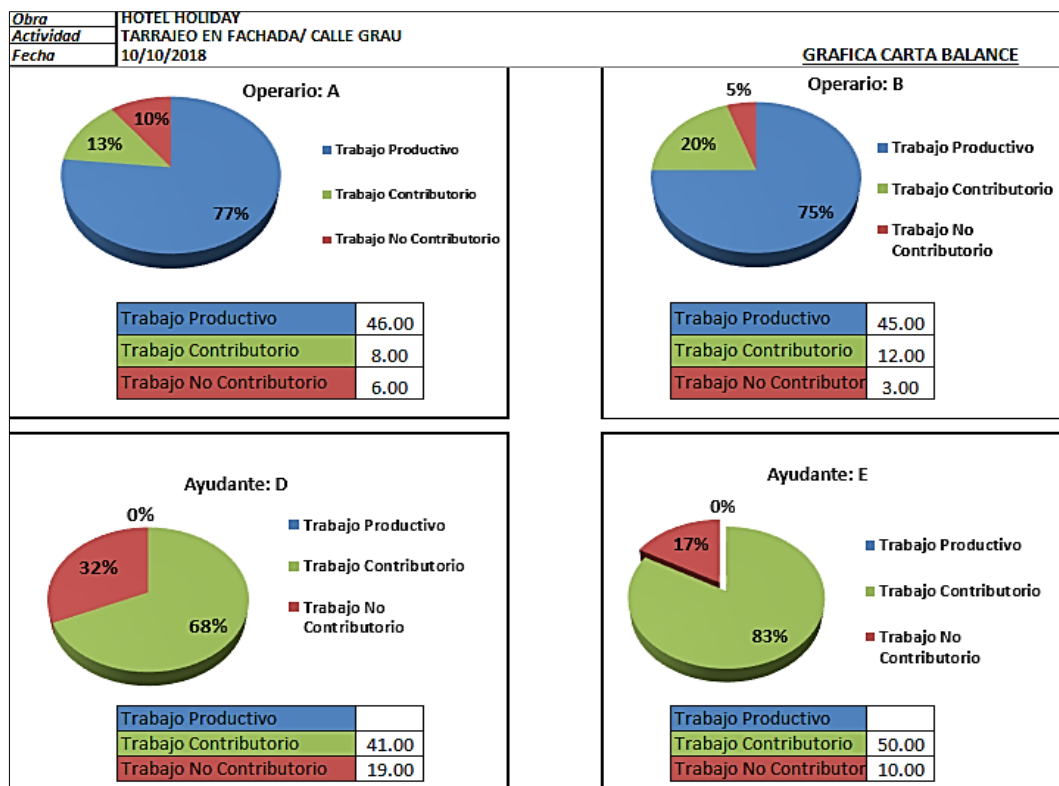
1 Oficial (Colocación de mezcla y Alisado de tarrajeo)

5 Ayudantes (traslado de materiales y limpieza de herramientas)

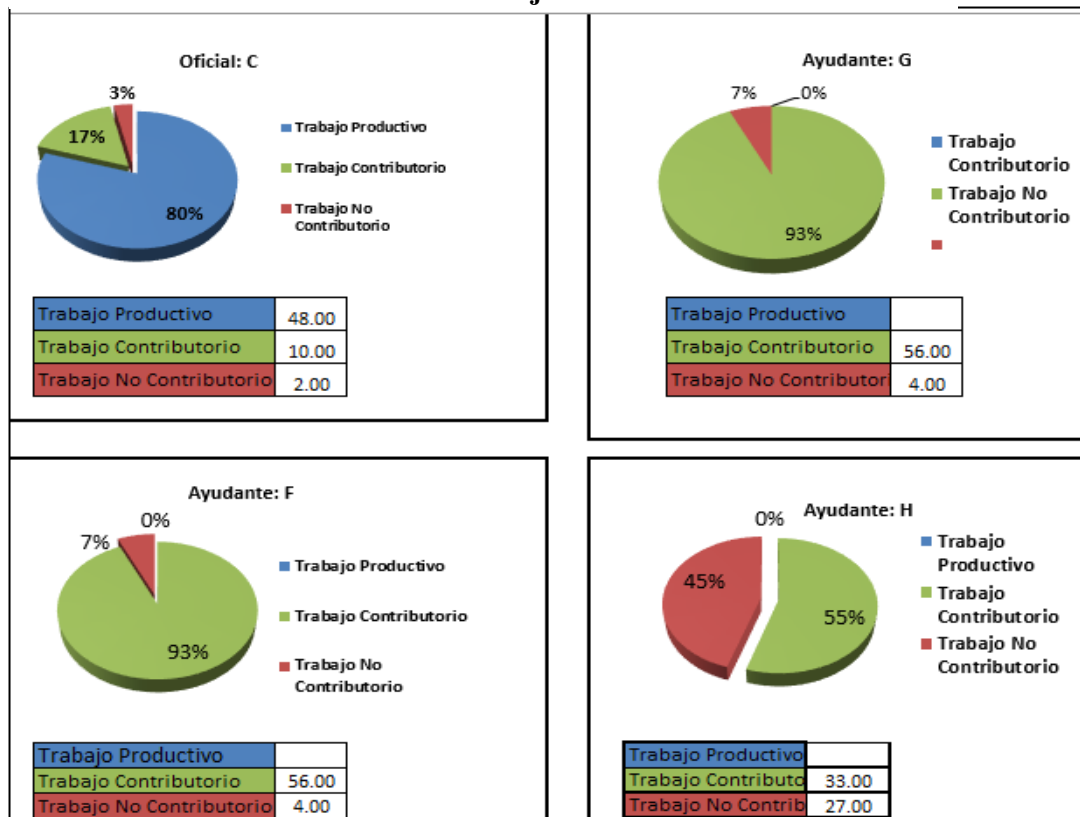
Se tiene un 16% de Trabajo No Contributorio (TNC), 55% de Trabajo Contributorio (TC) y 29% de Trabajo Productivo (TP) en toda la cuadrilla en general

En la sumatoria del trabajo No Contributorio y Contributorio se tiene un total de 71%





**Gráfico 4.7 : Productividad de cada trabajador**



**Gráfico 4.8 : Productividad de cada trabajador (continuación)**

Los 2 Operarios y Oficial presentan buen porcentaje de Trabajo Productivo ya que todos ellos en paralelo se dedican a las actividades de Colocación de mezcla, regleado y tarrajeo propio en muro. (Ver Gráfico Carta balance)

- Se Observa un porcentaje alto de Trabajo Contributorio específicamente en traslado de material a los diferentes niveles a través de los andamios, lo que se hace más difícil debido a que dicha fachada (Calle Grau) no presenta ventanas.
- Los Ayudantes en general, no presentan Trabajo Productivo ya que sus actividades solo son Contributorias como son Traslado de materiales, limpieza de Herramientas, etc. Aun así se Observa que es suficiente la presencia de 3 Ayudantes dentro de dicha Cuadrilla para realizar las funciones mencionadas.

#### Conclusiones y recomendaciones para carta balance

Se ha podido concluir que la actividad de tarrajeo en fachada no está siendo productiva debido a lo detallado anteriormente y por su clasificación “NIVEL C” debido a que su productividad es menor al 40% del total.

Otra manera y para sustentar la baja productividad de nuestra partida es comparando los ratios obtenidos en campo (2.80hh/día) vs el que ya se tiene como presupuesto de obra (1.83hh/día) concluyendo así que se están utilizando mayor cantidad de horas hombre de las presupuestadas para realizar dicha partida.

Se recomienda reubicar en otras actividades a 2 Ayudantes (ayudante D y H), los cuales presentan en su mayoría Trabajo No Contributorio. **(Ver Gráficas detalladas en ilustración 3.5)**

#### Cuadrilla recomendada:

- 2 Operarios
- 1 Oficial
- 3 Ayudantes.

## **4.2 Discusión**

Se ha diagnosticado el estado de la partida de tarrajeo en cuestión de costo de materiales, mano de obra y herramientas con la herramienta de valor ganado, la cual según el PMBOK nos indica que los índices igual a 1 se encuentran dentro de lo planeado en cronograma y dentro del presupuesto, según nuestros resultados obtenidos de las 5 semanas de evaluación de la partida se obtuvo al final un índice de 0.98 lo cual nuestra partida a tenido un ligera pérdida, no obteniendo ganancias y teniendo también perdidas con respecto a costo de materiales utilizados semanalmente, esto debido a un problema de ingeniería originado en la fase de vaciado del casco estructural.

Se observa en los ciclogramas, el cual es realizado mediante sectorización, metrados y un tren de actividades para la ejecución, lo cual se hace más fácil ya que los mismas cuadrillas solo rotan llevando un orden y produciendo una misma cantidad en cada sector.

Las herramientas correspondientes al last planner como son lookahead y reuniones diarias en donde se trata de cumplir con el cronograma establecido para el cumplimiento de las diferentes partidas siendo esto es posible con el levantamiento de restricciones obteniendo así un plan de porcentaje completados disminuyendo así la variabilidad e incertidumbre para la ejecución de partidas.

El informe semanal de productividad nos muestra que tan productivos estamos siendo de acuerdo a nuestro rendimiento en la partida de drywall así mismo cuantas personas deberíamos necesitar para cumplir con nuestra meta, los resultados no han sido favorables debido a que en campo se encuentran más de una restricción como son transporte de materiales y falta de frente teniendo como responsable a otra subcontrata.

Por otro lado, la carta balance nos han indicado ratios de productividad bajos de la partida de tarrajeo de lo cual se obtuvo 2.80 hh/día teniendo nosotros presupuestados 1.83hh/día lo cual nos indica que estamos utilizando mayor cantidad de horas hombre para ejecutar la partida, la mejora de éstos ratios nos servirán para el control de futuros proyectos y toma de decisiones que influyan positivamente en el desempeño y cumplimiento en los mismos.

El nivel general de actividades del mes de octubre nos ha indicado según nuestros resultados mencionados anteriormente un regular nivel de productividad de toda la obra teniendo en cuenta nuestros cuellos de botella como son los transportes debido a falta de recursos como es la grúa torre y poca eficiencia del personal, lo cual nos lleva al planteamiento de mejoras por parte de la línea de mando.

El estudio de tiempos como se ha visto mediante las herramientas carta balance y nivel general de actividades nos permite estandarizar ratios de productividad para las diferentes partidas, haciendo así que las cuadrillas se especializan y generen menos tiempos no contributarios.

## **CONCLUSIONES**

1. Se concluye de acuerdo a los resultados obtenidos que mediante el uso del EVM se puede monitorear no solo el avance con respecto al cumplimiento del cronograma sino que se plantean propuestas de mejora para el logro de objetivos optimizando recursos, es decir, evitando el costo que significa el despilfarro de horas hombre, alquiler de herramientas y costo por materiales a utilizar.
2. El cumplimiento de los objetivos en los plazos establecidos en el ciclograma y el lookahead, a este último se hace seguimiento con las reuniones diarias y o semanales, levantando así restricciones que puedan encontrarse en el camino para poder llegar a cumplir la programación pactada.
3. Se pudo determinar el avance ejecutado y cuan productivas fueron las cuadrillas en las diferentes partidas para así poder compararlas con los rendimientos del presupuesto e implementar mejoras en las mismas.
4. Se ha cuantificado en porcentaje y los minutos que se dedica en ser productivo el personal de la obra en general lo cual nos ayuda en toma de decisiones para poder aumentar productividad, balancear las cuadrillas correctamente y especialización de las mismas. se estandariza ratios de productividad para las diferentes cuadrillas, ya que se sabe el avance ejecutado y el número de personal a utilizar lo cual ayudará en los próximos proyectos, optimizando así los procesos mediante el balance de cuadrillas.

## **RECOMENDACIONES**

- Aprender a usar el EVM para saber sobre el estado en que se encuentra nuestro proyecto a nivel de costo y tiempo.
- Para la elaboración del ciclograma se recomienda tener claros los objetivos a la hora de armar los trenes de actividades desde la sectorización (número de sectores), capacidad de vaciado, etc para poder establecer un lote de producción y poder transferirlo, para que así se forme una producción estándar y por ultimo verificar la factibilidad de estos trenes con respecto al tiempo de ejecución.
- Tomar en cuenta los buffers, que es el espacio o tiempo entre actividades, esto por si ocurra una variabilidad y tengan que postergarse algunas actividades.
- Controlar diariamente los avances ejecutados mediante los mapeos y la cantidad de horas hombres utilizadas mediante los tareos ya que semanalmente este control (ISP) nos indicará en qué estado se encuentra el proyecto con respecto del presupuesto planificado
- Fomentar el uso de las herramientas lean como lo son las cartas balance para la toma de tiempos, ya que hallar los ratios ayudaran a futuros proyectos de construcción al momento de dimensionar y/o balancear cuadrillas y saber sus respectivos rendimientos.
- Al momento de la toma de mediciones en carta balance hacerlo en un día en que no exista ninguna anomalía, como falta de personal por ejemplo y que sean cuadrillas no mayor a ocho personas.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- ALBA, J. (2014) Método del valor ganado. Obtenido de:  
<https://es.scribd.com/document/14703625/Earned-Value-Management-p1> [accesado el 10 de Agosto del 2018]
- BULEJE REVILLA, K. E. (2012). Tesis: Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construction. Lima.
- ENTERPRISE, L.C. (2016). Obtenido de:  
<http://www.leanconstructionenterprise.com/documentacion/last-planner> [accesado el 03 de Julio del 2018]
- FERRARO, C. (27 DE 06 DE 2017). Sector construcción dinamizará demanda de cementos y seguros especializados. El comercio.
- HV CONTRATISTAS S.A. (2018). Obtenido de <http://www.hvcontratistas.com.pe/> [accesado el 25 de Julio del 2018]
- INEL, I. N. (17 DE 07 DE 2018). América economía. Obtenido de:  
<https://www.americaeconomia.com/economia-mercados/finanzas/sector-construccion-del-peru-alcanza-crecimiento-historico-de-72> [accesado el 25 de Julio del 2018]
- LEAN CONSTRUCTION INSTITUTE. (2018). Programa de formación líderes lean. Lima, Perú.
- MALLMA ROSAS, M. J. (2011). Tesis: Planeamiento programación y control aplicado a los procesos constructivos de la estructura de 16 edificios multifamiliares. Lima.
- MENGOA FLORES, O., NAIZA RAMIREZ, H. P., & RIVERA DIAZ, C. (2018). Tesis: Análisis de la productividad de los procesos constructivos aplicando filosofía lean construction para obras civiles de gran minería. Lima.
- MUDNIKOV, M. (1961). Fundamentos de la construcción en cadena. Kiev: Literatura de la construcción y arquitectura de la RSSU.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. (2018). PMBOK (6ta edición ed.). E.E.U.U.
- SEREJSKI, S. (2013). La importancia de contar con herramientas de gestión. Obtenido de:  
<https://www.buenosnegocios.com/notas/planificar/la-importancia-contar-herramientas-gestion-n227>
- UPC ESCUELA DE POSTGRADO. (2016). Curso de productividad en la construcción. Maestría en Dirección de la Construcción. Lima.
- VIRGILIO, G. C. (2001). Productividad en obras de construcción. Lima.
- WOMARCK, JONES, & ROOS. (1991). La máquina que cambió al mundo.

ANEXOS

ANEXO 1  
CARTA BALANCE

Cargo	Nombre
Operario	A
Operario	B
Operario	C
Operario	D
Operario	E
Operario	F

	Trabajo Productivo
1	
2	
3	
4	
5	
6	

	Trabajo Contributorio
7	
8	
9	
10	
11	
12	

	Trabajo No Contributorio
13	
14	
15	

Obra	
Calle	
Actividad	
Descripción	

Fecha	
-------	--

Tiempo de Espera	
------------------	--

HORA DE INICIO :

	Operario	Operario	Operario	Operario	Tiempo Promedio
	A	B	C	D	(min)
1					1.00
2					1.00
3					1.00
4					1.00
5					1.00
6					1.00
7					1.00
8					1.00
9					1.00
10					1.00
11					1.00
12					1.00
13					1.00
14					1.00
15					1.00
16					1.00
17					1.00
18					1.00
19					1.00
20					1.00
21					1.00
22					1.00
23					1.00
24					1.00
25					1.00
26					1.00
27					1.00
28					1.00
29					1.00
30					1.00
31					1.00
32					1.00
33					1.00
34					1.00
35					1.00
36					1.00
37					1.00
38					1.00
39					1.00
40					1.00
41					1.00
42					1.00
43					1.00
44					1.00
45					1.00
46					1.00
47					1.00
48					1.00
49					1.00
50					1.00

Obra	
Actividad	
Fecha	

#### Trabajo Productivo

1	
2	
3	
4	
5	
6	

#### Trabajo Contributorio

7	
8	
9	
10	
11	
12	

#### Trabajo No Contributorio

13	
14	
15	

## ANEXO 2

### NIVEL GENERAL DE ACTIVIDADES

Fecha:		Hora Inicio:						Hora Inicio:							
		Hora Final:						Hora Final:							
n.º	TP	TC						TNC						OBS.	
		T	A	L	I	M	X	V	N	E	D	B	R		Y
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															
36															
37															
38															
39															
40															
41															
42															
43															
44															
45															
46															
47															
48															
49															
50															
TOTALES															
n.º	TP	T	A	L	I	M	X	V	N	E	D	B	R	Y	

TC		TNC	
T	Transportes	V	Viajes
A	Andamios	N	Tiempo oscioso
L	Limpieza	E	Esperas
I	Recibir/dar instrucciones	D	Descanso
M	Mediciones	B	Necesidades fisiológicas
X	Otros	R	Trabajo rehecho



## ANEXO 3

### METODO DEL VALOR GANADO

[illegible]



**ANEXO 4**  
**FORMATO PROGRAMACION DIARIA**

NOMBRE DEL PROYECTO								SUPERVISION DE PROYECTO			
NOMBRE DEL FRENTE DE TRABAJO								FECHA DE EJECUCION			
ACTIVIDADES PLANIFICADAS											
ITEM	ACCION CONSTRUCTIVA	UBICACIÓN	SITUACION DE ACCION	CUADRILLA	EJECUTOR	CANTIDAD DE PERSONAL	INICIO	FIN	TIEMPO DE EJECUCION	CUMPLIMIENTO	RESTRICCIONES
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
COMENTARIO DE QUIEN PLANIFICA											
NOMBRE DE QUIEN PLANIFICA				NOMBRE V B* RESPONSABLE				V B * AREA DE SSOMA DEL PROYECTO			

## ANEXO 5

### FORMATO LOOKAHEAD PLANNING

[illegible]